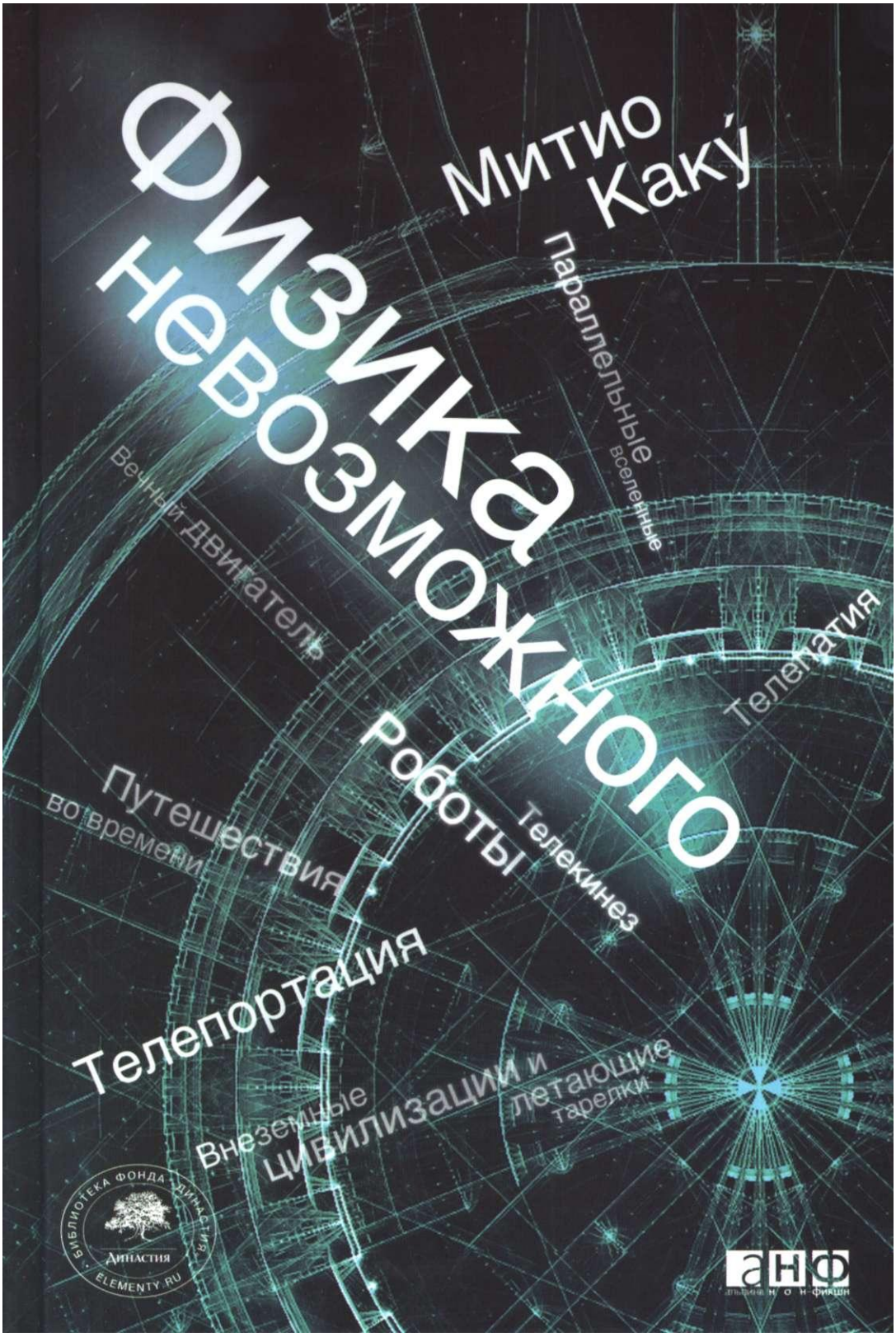
VISIT…


Митио Какуу
Физика невозможного
Параллельные вселенные
Вечный двигатель
Телепатия
Роботы
Телекинез
Путешествия во времени
Телепортация
Внеземные цивилизации и летающие тарелки
Библиотека фонда «Династия»
Династия
elementy.ru
АНФ
Альпина Нон-фикшн

Посвящается моей любящей жене Сицзуэ,
а также Мишель и Элисон

ФИЗИКА НЕВОЗМОЖНОГО

Michio Kaku

PHYSICS OF THE IMPOSSIBLE

A Scientific Exploration into the World of Phasers, Force Fields, Teleportation, and Time Travel

Doubleday

New York London Toronto Sydney Auckland

Митио Каку

ФИЗИКА НЕВОЗМОЖНОГО

Перевод с английского

Москва
2009

УДК 524.8+629.78
ББК 22.657+39.6
К16

Переводчик Н. Лисова

Каку М.

К16 Физика невозможного / Митио Каку ; Пер. с англ. — М: Альпина нон-фикшн, 2009. — 456 с.

ISBN 978-5-91671-024-3

Еще совсем недавно нам трудно было даже вообразить сегодняшний мир привычных вещей. Какие самые смелые прогнозы писателей-фантастов и авторов фильмов о будущем имеют шанс сбыться у нас на глазах? На этот вопрос пытается ответить Митио Каку, американский физик японского происхождения и один из авторов теории струн. Из книги вы узнаете, что уже в XXI в., возможно, будут реализованы силовые поля, невидимость, чтение мыслей, связь с внеземными цивилизациями и даже телепортация и межзвездные путешествия.

УДК 524.8+629.78
ББК 22.657+39.6

Издание подготовлено при поддержке
Фонда Дмитрия Зимина «Династия»

Фонд некоммерческих программ «Династия» основан в 2001 году Дмитрием Борисовичем Зиминым, почетным президентом компании «Вымпелком».

Приоритетные направления деятельности фонда — поддержка фундаментальной науки и образования в России, популяризация науки и просвещение.

«Библиотека Фонда "Династия"» — проект фонда по изданию современных научно-популярных книг, отобранных экспертами-учеными.

Книга, которую вы держите в руках, выпущена под эгидой этого проекта.

Более подробную информацию о фонде «Династия» вы найдете по адресу **www.dynastyfdn.ru**.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

© Michio Kaku, 2008
© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2009

ISBN 978-5-91671-024-3 (рус.)
ISBN 978-0-385-52069-0 (англ.)

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 7

БЛАГОДАРНОСТИ 19

ЧАСТЬ I. НЕВОЗМОЖНОСТИ I КЛАССА

1. ЗАЩИТНОЕ СИЛОВОЕ ПОЛЕ 25

2. НЕВИДИМОСТЬ 42

3. ФАЗЕРЫ И ЗВЕЗДЫ СМЕРТИ 65

4. ТЕЛЕПОРТАЦИЯ 90

5. ТЕЛЕПАТИЯ 111

6. ТЕЛЕКИНЕЗ 134

7. РОБОТЫ 153

8. ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ И ЛЕТАЮЩИЕ ТАРЕЛКИ 182

9. ЗВЕЗДОЛЕТЫ 218

10. АНТИВЕЩЕСТВО И АНТИВСЕЛЕННЫЕ 251

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ II. НЕВОЗМОЖНОСТИ II КЛАССА

11. БЫСТРЕЕ СВЕТА 273

12. ПУТЕШЕСТВИЯ ВО ВРЕМЕНИ 298

13. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ 314

ЧАСТЬ III. НЕВОЗМОЖНОСТИ III КЛАССА

14. ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ 349

15. ПРЕДВИДЕНИЕ БУДУЩЕГО 367

ЭПИЛОГ. БУДУЩЕЕ НЕВОЗМОЖНОГО 382

ПРИМЕЧАНИЯ 407

БИБЛИОГРАФИЯ 427

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ 430

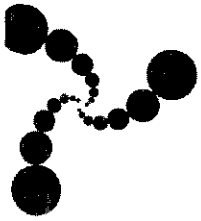
ВВЕДЕНИЕ

Если в первый момент идея не кажется абсурдной, она безнадежна.
Альберт Эйнштейн

Научимся ли мы когда-нибудь проходить сквозь стены? Строить звездные корабли, способные летать быстрее света? Читать мысли? Становиться невидимыми? Двигать предметы силой мысли? Мгновенно преодолевать космическое пространство?

Меня с детства мучили подобные вопросы. Подобно многим физикам, я вырос с мечтой о путешествиях во времени, лучевых пушках, силовых полях, параллельных вселенных и т. п. Магия, фэнтези и научная фантастика были для моего воображения гигантской игровой площадкой. С них начались моя непреходящая любовь и интерес к невозможному.

Помню, как я смотрел по телевизору повтор старого сериала «Флэш Гордон». Каждую субботу я приклеивался к экрану, наблюдая за приключениями Флэша, д-ра Заркова и Дейла Ардена. Еще большее изумление вызывала у подростка фигурировавшая в фильме чудесная техника будущего: ракетные корабли, щиты невидимости, лучевые пушки и города в небе. Я не пропустил ни одной недели. Эта программа открыла для меня совершенно новый мир. С замиранием сердца я думал, что когда-нибудь полечу на ракете на другую планету и буду исследовать ее неизведанные территории. Я был втянут в орбиту этих фантастических идей и твердо знал, что моя собственная судьба тоже будет связана с чудесами науки, о которых рассказывал сериал.



Как оказалось, я был не одинок. Многие успешные ученые признавались, что первым шагом к науке для них стало увлечение научной фантастикой. К примеру, великий астроном Эдвин Хаббл был еще в детстве очарован книгами Жюля Верна. Начитавшись французского фантаста, он отказался от многообещающей юридической карьеры и вопреки желанию отца начал заниматься наукой. Со временем Хаббл стал величайшим астрономом XX в. Воображение Карла Сагана, выдающегося астронома и автора бестселлеров, воспламенили романы Эдгара Райса Берроуза про марсианские приключения Джона Картера. Подобно герою этих романов, Саган мечтал когда-нибудь исследовать красные пески Марса.

Я был ребенком, когда умер Альберт Эйнштейн, но я помню, как люди тихо говорили о его жизни и смерти. На следующий день я увидел в газете фотографию его стола с незаконченной рукописью величайшей работы, которую он не успел завершить. Я спросил себя: «Какая же проблема может быть настолько важной, чтобы величайший ученый нашего времени не смог решить ее?»

В статье говорилось, что у Эйнштейна была невыполнимая мечта, была задача, полностью решить которую не в состоянии ни один смертный. Лишь через много лет я узнал, какому же вопросу была посвящена незаконченная рукопись: величественной и всеобъемлющей «теории всего». Мечта Эйнштейна, которой были посвящены три последних десятилетия его жизни, помогла мне сосредоточить свое воображение и усилия. Мне захотелось хоть немного поучаствовать в завершении труда Эйнштейна — объединении всех законов физики в единую теорию.

Став старше, я начал понимать, что Флэш Гордон, конечно, герой и девчонка всегда достается ему, но главное лицо, без которого этот сериал просто не мог бы существовать, — ученый. Без доктора Заркова не было бы ни ракетного корабля, ни путешествия на Монго, ни спасения Земли. Героизм героизмом, но без науки не будет и научной фантастики.

В конце концов я понял, что все эти сказки просто полет фантазии, что наука ничего подобного не допускает. Взрослея, человек отказывается от подобных фантазий. Мне не единожды говорили, что в настоящей жизни приходится отказываться от невозможного и довольствоваться реальным.

Однако я решил, что ключом к моему увлечению невозможным должна стать физика. Без прочной и надежной физической базы можно без конца рассуждать о футуристических технологиях — не понимая даже, возможны они в принципе или нет. Я понял, что мне необходимо погрузиться в мир высшей математики и изучить теоретическую физику. Так я и сделал.

В старших классах, работая над проектом для молодежной научной выставки, я собрал в мамином гараже ускоритель. Первым делом я отправился на фирму Westinghouse и добыл там 400 фунтов обрезков трансформаторной стали. За рождественские каникулы я намотал на школьном стадионе 22 мили медной проволоки. В конце концов я соорудил ускоритель частиц (бетатрон) на 2,3 МэВ; он потреблял 6 кВт электричества (т. е. все, что можно было получить в нашем доме) и создавал магнитное поле, в 20 000 раз превышающее по мощности магнитное поле Земли. Моей целью было получить пучок гамма-лучей, достаточно мощный для создания антивещества. Этот школьный проект привел меня на Национальную научную выставку и в конце концов помог исполнить мечту — получить стипендию в Гарварде. Я сумел добиться своей цели: стать физиком-теоретиком и пойти по стопам своего кумира, Альберта Эйнштейна.

Сегодня я получаю электронные письма от сценаристов и писателей-фантастов, они просят помочь им уточнить, не противоречит ли их вымысел законам физики.

«Невозможное» относительно

Как физик я твердо усвоил, что «невозможное» очень часто относительно. С детства помню, как учительница однажды по-

дошла к висевшей на стене карте Земли и указала на побережья Южной Америки и Африки. «Не странно ли, — спросила она, — что две береговые линии совпадают, почти как детали детской головоломки?» Еще она сказала, что некоторые ученые рассуждают о том, что когда-то эти материки были, возможно, частью одного громадного континента. Но это глупо. Никакая сила не в состоянии разорвать и растащить два гигантских материка. «Это невозможно, и даже думать об этом не надо», — сделала вывод учительница.

Позже в том же году мы изучали динозавров. «Не странно ли, — сказала учительница, что миллионы лет назад динозавры доминировали на Земле, а потом внезапно исчезли? Никто не знает, почему они вымерли. Некоторые палеонтологи считают, что их убил большой метеорит из космоса, но это невозможно, это из области научной фантастики».

Сегодня мы знаем, что тектонические плиты, а с ними и материки действительно движутся, а 65 млн лет назад гигантский метеорит 10 км в поперечнике, скорее всего, действительно погубил и динозавров, и во многом другие формы жизни на Земле. За свою короткую жизнь мне не раз приходилось видеть, как то, что прежде считалось невозможным, превращается в установленный научный факт. Так имеет ли смысл говорить, что телепортироваться из одного места в другое невозможно? Или что невозможно построить космический корабль, способный унести нас на многие световые годы от Земли к звездам?

Сегодняшние физики в большинстве своем скажут, что подобные чудеса невозможны. Но может быть, они станут возможны через несколько столетий? Или через десять тысяч лет, когда наши технологии получат новое развитие? А может, через миллион лет? Другими словами, если мы сейчас встретим цивилизацию, обогнавшую нас на миллион лет, не покажется ли нам привычная для них техника «чудом»? В этом и заключается один из центральных вопросов данной книги: если что-то

«невозможно» сегодня, то останется ли это невозможным и через сто, и через миллион лет?

Принимая во внимание удивительный прогресс науки за последние сто лет — в первую очередь речь идет о создании квантовой теории и общей теории относительности, — мы сегодня можем приблизительно оценить, когда могут быть реализованы некоторые из этих фантастических технологий, — если, конечно, это вообще когда-нибудь произойдет. С появлением еще более передовых теорий, таких как теория струн, физики начинают потихоньку пересматривать свое отношение даже к таким фантастическим, казалось бы, идеям, как путешествия во времени и параллельные вселенные.

Подумайте, всего 150 лет назад многое из того, что представляется нам сегодня естественным и даже обыденным, ученые объявляли «невозможным». В 1863 г. Жюль Верн написал роман под названием «Париж в XX веке»; роман этот был положен в ящик и забыт более чем на 100 лет, пока его случайно не обнаружил правнук писателя. Таким образом, роман этот был впервые опубликован в 1994 г. В нем Верн пытался представить, как будет выглядеть Париж в 1960 г.; роман изобилует описанием устройств и технологий, которые в XIX в. считались невозможными, включая факсы, всемирную коммуникационную сеть, стеклянные небоскребы, автомобили на газе и скоростные поезда на специальных эстакадах.

Не удивительно, что Жюль Верн смог предсказать многое с такой ошеломляющей точностью. Всю жизнь писатель был близок к миру науки и знал, о чем думают многие ученые. Глубокое понимание основ науки позволяло ему делать поразительные предсказания.

Как ни печально, но многие величайшие ученые XIX в. выбирали противоположную позицию и спешили объявить чуть ли не любую неизвестную технологию принципиально невозможной. Лорд Кельвин, возможно, самый выдающийся физик Викторианской эпохи (он похоронен в Вестминстерском аббат-

стве рядом с Исааком Ньютоном), уверенно заявлял, что летательные аппараты «тяжелее воздуха», такие как самолеты, никогда не взлетят. Он считал рентгеновские лучи обманом и был уверен, что у радио нет будущего. Лорд Резерфорд, открывший атомное ядро, отрицал возможность создания атомной бомбы и сравнивал любые попытки такого рода с «погоней за солнечным зайчиком». Химики XIX в. объявляли поиски философского камня — легендарной субстанции, способной превратить свинец в золото, — научным тупиком. Химия XIX в. базировалась на фундаментальном принципе неизменности химических элементов, в том числе и свинца. Но мы сегодня можем в принципе превратить атомы свинца в атомы золота при помощи мощного ускорителя. Представьте себе, какой фантастикой показались бы на грани XIX и XX вв. наши телевидение, компьютеры и Интернет!

Ближе к нашим временам можно привести другие примеры. Так, черные дыры долгое время считались научной фантастикой. Сам Эйнштейн в 1939 г. написал статью, в которой «доказал», что черные дыры не могут возникнуть в естественных условиях. Но космический телескоп имени Хаббла и рентгеновский телескоп «Чандра» успели уже обнаружить в космосе тысячи черных дыр.

Эти и другие технологии считались «невозможными» потому, что в XIX и в начале XX в. ученые не знали еще многих фундаментальных законов физики и науки. Учитывая громадные пробелы в знаниях того времени, особенно на атомном уровне, не удивительно, что ученые рассматривали подобные достижения как невозможные.

Зачем изучать невозможное?

Как ни странно это звучит, но серьезное изучение невозможного нередко приводило ученых к открытию новых, весьма многообещающих и совершенно неожиданных областей науки.

К примеру, тщетные и бесплодные попытки создать «вечный двигатель» продолжались не одно столетие. В результате физики сделали вывод о том, что такое устройство существовать не может; им пришлось постулировать закон сохранения энергии и три закона термодинамики. Таким образом, бесплодные сами по себе поиски вечного двигателя помогли открыть новую область науки — термодинамику, которая послужила базой, в частности, для создания парового двигателя, начала машинной эры и современного индустриального общества.

В конце XIX в. ученые полагали, что возраст Земли никак не может составлять несколько миллиардов лет; это просто невозможно. Лорд Кельвин категорично заявил, что современная Земля остыла бы всего за 20–40 млн лет, что противоречило данным геологии и дарвиновской биологии, утверждавших, что Земле вполне может быть несколько миллиардов лет от роду. В конце концов было доказано, что невозможное возможно; оказалось, что ядерные силы, открытые мадам Кюри и другими учеными, вполне способны удерживать ядро Земли в расплавленном состоянии миллиарды лет за счет радиоактивного распада.

Если же ученые игнорируют невозможное, то, как правило, сами и проигрывают в конечном итоге. В 1920-х и 1930-х гг. основатель современной ракетной техники Роберт Годдард подвергался серьезной критике; многие считали, что ракеты никогда не смогут подняться в космос. Его занятия даже называли саркастически «чудачества Годдарда». В 1921 г. редакторы *New York Times* вовсю издевались над работой доктора Годдарда: «Профессор Годдард не знает взаимосвязи между действием и противодействием и не понимает, что для получения реакции нужно что-нибудь получше вакуума. Похоже, ему не хватает элементарных знаний, которыми каждый день оперируют школьники». Ракеты невозможны, бушевал редактор, потому что в космосе нет воздуха и, значит, не от чего отталкиваться. Грустно, но только один глава государства понял

перспективное значение годдардовских «невозможных» ракет — и это был Адольф Гитлер. В результате во время Второй мировой войны германские невозможно передовые ракеты «Фау-2» сеяли смерть и разрушение в Лондоне и чуть было не поставили Англию на колени.

И это еще не все. Изучение невозможного могло изменить ход мировой истории. В 1930-е гг. ученые — включая и Эйнштейна — считали, что создать атомную бомбу «невозможно». Физики уже знали, что в глубинах атомного ядра, согласно уравнению Эйнштейна $E = mc^2$, заключено громадное количество энергии, но энергия, которая высвобождалась при распаде одного ядра, была слишком незначительной, чтобы о ней стоило всерьез говорить. Но физик-атомщик Лео Сцилард вспомнил прочитанный когда-то роман Герберта Уэллса «Освобожденный мир» (1914), где писатель предсказал создание атомной бомбы. В романе утверждалось, что некий физик раскроет секрет атомной бомбы в 1933 г. Случаю было угодно, чтобы Сцилард наткнулся на эту книгу в 1932 г. Роман подстегнул его воображение, и в 1933 г., в точности как было предсказано Уэллсом почти за два десятилетия до этого, он придумал, как приумножить энергию одного атома при помощи цепной реакции; при этом энергию деления одного атома урана можно будет увеличить во многие триллионы раз. После этого Сцилард запустил несколько принципиальных экспериментов и организовал тайную переписку между Эйнштейном и президентом Франклином Рузвельтом. Результатом этих переговоров стали Манхэттенский проект и создание атомной бомбы.

Снова и снова мы видим, как изучение невозможного открывает для науки совершенно новые горизонты, расширяет пределы человеческих знаний в области физики и химии и заставляет ученых пересматривать саму концепцию «невозможного». Сэр Уильям Ослер однажды сказал: «Философия одного века в другом стала абсурдом, а вчерашняя глупость — завтрашней мудростью».

ВВЕДЕНИЕ

Многие физики готовы подписаться под знаменитым изречением Т.Х. Уайта, который написал в своей эпопее «Король былого и грядущего»: «Все, что не запрещено, обязательно!» В физике мы постоянно сталкиваемся с наглядными свидетельствами этого. Если не существует физического закона, который впрямую запрещал бы некое явление, оно, скорее всего, будет со временем обнаружено. (Такое происходило несколько раз при поиске новых субатомных частиц. Пытаясь проникнуть за границы запретного, физики нередко открывали новые физические законы.) Из утверждения Т.Х. Уайта можно сделать еще более сильный вывод: «Все, что не есть невозможно, обязательно!»

К примеру, космолог Стивен Хокинг долго пытался найти новый закон физики, который запрещал бы путешествия во времени, — он назвал его «гипотезой сохранения хронологии». Однако долгие годы тяжкого труда ни к чему не привели: он не смог доказать выдвинутый принцип. Напротив, не так давно физики сумели продемонстрировать, что закон, который запрещал бы путешествия во времени, находится за пределами сегодняшней математики. Теперь, поскольку закона, который не позволял бы построить машину времени, не существует, физикам приходится очень серьезно рассматривать такую возможность.

Цель данной книги — рассмотреть те технологии, которые сегодня считаются «невозможными», но через несколько десятков или сотен лет могут стать обычными.

Одна из «невозможных» технологий начинает это превращение уже сейчас: речь идет о телепортации (по крайней мере, на уровне атомов). Всего лишь несколько лет назад физики сказали бы, что мгновенный перенос объекта из одной точки пространства в другую нарушает законы квантовой физики. Авторы сценария первой части телевизионного сериала «Звездный путь» были настолько задеты критикой со стороны ученых, что добавили в сюжет некие «компенсаторы Гейзенберга», которые

должны были обеспечивать работу телепортирующих устройств и примирять их с законами физики. Но сегодня благодаря недавним революционным открытиям физики могут телепортировать атомы из одного конца комнаты в другой, а фотоны — с одного берега Дуная на другой.

Зачем предсказывать будущее?

Предсказывать будущее всегда немного опасно, особенно если речь идет о времени, отстоящем от нас на сотни или тысячи лет. Физик Нильс Бор любил говорить: «Предсказывать очень трудно. Особенно будущее». Но между временем Жюля Верна и сегодняшним днем существует принципиальная разница. Сегодня фундаментальные законы физики в основном понятны. Физики сегодня хорошо представляют себе законы, управляющие миром самых разных объектов, которые различаются по размерам на 43 порядка — поразительный диапазон, куда входит и внутреннее строение протона, и расширяющаяся Вселенная. В результате физики могут судить с разумной степенью уверенности о том, что примерно будет представлять собой технология будущего, и лучше отличать технологии всего лишь немыслимые от действительно невозможных.

Поэтому в данной книге я разделил «невозможное» на три категории.

В первую категорию попадает то, что я называю невозможностями I класса. Это технологии, сегодня невозможные, но не нарушающие известных законов природы. Таким образом, они могут стать возможными уже в этом столетии или, может быть, в следующем в измененной форме. К этой категории относятся телепортация, двигатели на антивеществе, некоторые формы телепатии, телекинез и невидимость.

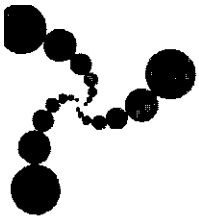
Ко второй категории относится то, что я обозначил как невозможности II класса. Это технологии, лишь недавно всерьез обозначившиеся на переднем крае наших представлений

о физическом мире. Если они вообще возможны, то реализация их может растянуться на тысячи и даже миллионы лет. Сюда относятся машины времени, возможность гиперпространственных путешествий и путешествия сквозь кротовые норы.

К последней категории относится то, что я называю невозможностями III класса. Это технологии, которые нарушают известные нам физические законы. Удивительно, но невозможных технологий этого типа оказалось очень мало. И если когда-нибудь окажется, что они тоже возможны, это будет означать фундаментальный сдвиг в наших представлениях о физике.

Представляется, что такая классификация имеет смысл — ведь ученые с ходу отвергают многие технологии, постоянно присутствующие в научно-фантастических произведениях, как совершенно невозможные, но на самом деле имеют в виду всего-навсего, что они невозможны для примитивной цивилизации вроде нашей. К примеру, посещение Земли инопланетянами обычно считают невозможным из-за огромных расстояний между звездами. Но если для нас путешествие к звездам очевидно невозможно, для цивилизации, обогнавшей нас в развитии на сотни, тысячи или миллионы лет, оно может оказаться вполне доступным. Поэтому очень важно классифицировать подобные «невозможности». Технологии, недоступные нашей цивилизации в ее нынешнем состоянии, не обязательно столь же невозможны для цивилизации иного типа. Любые утверждения о возможном и невозможном должны учитывать, что за тысячи и миллионы лет техника любой цивилизации уйдет далеко вперед.

Карл Саган однажды написал: «Что значит для цивилизации возраст, скажем, в миллион лет? Радиотелескопы и космические корабли появились у нас несколько десятилетий назад; наша технологическая цивилизация насчитывает всего лишь несколько сотен лет... развитая цивилизация, за плечами которой миллионы лет развития, настолько же опережает нас, насколько мы сами опережаем какого-нибудь лемура или макаку».



ФИЗИКА НЕВОЗМОЖНОГО

Главным в моих собственных исследованиях и профессиональной деятельности я считаю попытку исполнить наконец мечту Эйнштейна и завершить работу над «теорией всего». Лично мне очень нравится работать над «окончательной теорией», которая даст, возможно, однозначный ответ на некоторые из самых трудных вопросов о «невозможности» в современной науке — к примеру, возможны ли путешествия во времени, что находится в центре черной дыры или что происходило до Большого взрыва. Я по-прежнему предан своей мечте о невозможном и нередко размышляю о том, когда некоторые вещи перестанут — и перестанут ли когда-нибудь? — быть невозможными и войдут в повседневную жизнь.

БЛАГОДАРНОСТИ

Материал этой книги охватывает множество областей и дисциплин, а также работы многих выдающихся ученых. Я бы хотел поблагодарить следующих лиц, которые любезно уделили мне время для продолжительных расспросов, консультаций и интересных и вдохновляющих бесед:

Леон Ледерман, нобелевский лауреат, Иллинойсский технологический институт

Мюррей Гелл-Манн, нобелевский лауреат, Институт Санта-Фе и Калтех

покойный Генри Кендалл, нобелевский лауреат, Массачусетский технологический институт (MIT)

Стивен Вайнберг, нобелевский лауреат, Университет Техаса в Остине

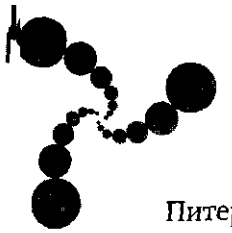
Дэвид Гросс, нобелевский лауреат, Институт теоретической физики Кавли

Фрэнк Вильчек, нобелевский лауреат, MIT

Джозеф Ротблат, нобелевский лауреат, Госпиталь Св. Варфоломея

Уолтер Гилберт, нобелевский лауреат, Гарвардский университет

Джеральд Эделман, нобелевский лауреат, Исследовательский институт Скриппса



Питер Догерти, нобелевский лауреат,
Детский исследовательский госпиталь Св. Иуды

Джаред Дайамонд, лауреат премии Пулитцера,
Университет Калифорнии в Лос-Анджелесе

Стэн Ли, автор комиксов «Марвел» и «Спайдермена»

Брайан Грин, Колумбийский университет, автор книги «Элегантная вселенная»

Лайза Рэндалл, Гарвардский университет, автор книги «Искривленные пути»

Лоренс Краусс, Университет Кейз — Вестерн Резерв, автор книги «Физика в Star Trek»

Ричард Готт III, Принстонский университет, автор книги «Путешествия во времени во вселенной Эйнштейна»

Алан Гут, физик, MIT,
автор книги «Инфляционная вселенная»

Джон Барроу, физик, Кембриджский университет, автор книги «Невозможность»

Пол Дэвис, физик, автор книги «Суперсила»

Леонард Зусскинд, физик, Стэнфордский университет

Джозеф Ликкен, физик, Национальная лаборатория имени Ферми

Марвин Мински, MIT, автор книги «Общество разумов»
Рей Курцвейл, изобретатель, автор книги «Эра одушевленных машин»

Родни Брукс, директор Лаборатории искусственного интеллекта MIT

Ганс Моравек, автор книги «Робот»

Кен Кросвелл, астроном, автор книги «Величественная вселенная»

Дон Голдсмит, астроном, автор книги «Сбежавшая вселенная»

БЛАГОДАРНОСТИ

Нейл де Грассе Тайсон, директор Хейденовского планетария, Нью-Йорк

Роберт Киршнер, астроном, Гарвардский университет

Фульвиа Мелиа, астроном, Университет Аризоны

Сэр Мартин Рис, Кембриджский университет, автор книги «До начала»

Майкл Браун, астроном, Калтех

Пол Гилстер, автор книги «Мечты о Центавре»

Майкл Лемоник, старший научный редактор журнала *Time*

Тимоти Феррис, Университет Калифорнии, автор книги «Зрелость во Млечном пути»

покойный Тед Тейлор, разработчик американских ядерных боеголовок

Фримен Дайсон, Институт перспективных исследований, Принстон

Джон Хорган, Технологический институт Стивенса, автор книги «Конец науки»

покойный Карл Саган, Корнеллский университет, автор книги «Космос»

Энн Друян, вдова Карла Сагана, Cosmos Studios

Питер Шварц, футурист, основатель Global Business Network

Элвин Тоффлер, футурист, автор книги «Третья волна»

Дэвид Гудстейн, помощник проректора Калтеха

Сет Ллойд, MIT, автор книги «Программирование вселенной»

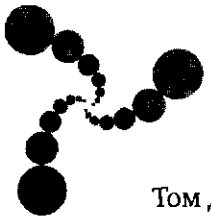
Фред Уотсон, астроном, автор книги «Звездочет»

Саймон Сингх, автор книги «Большой взрыв»

Сет Шостак, Институт SETI

Джордж Джонсон, научный обозреватель *New York Times*

Джеффри Хоффман, MIT, астронавт NASA



Том Джоунз, астронавт NASA

Алан Лайтман, MIT, автор книги «Мечты Эйнштейна»

Роберт Зубрин, основатель Марсианского общества

Донна Ширли, программа исследования Марса NASA

Джон Пайк, GlobalSecurity.org

Пол Саффо, футурист, Институт будущего

Луис Фридман, один из основателей Планетарного общества

Дэниел Вертхеймер, SETI@home, Университет Калифорнии в Беркли

Роберт Зиммерман, автор книги «Покидая Землю»

Марша Братусяк, автор книги «Неоконченная симфония Эйнштейна»

Майкл Саламон, программа «После Эйнштейна» NASA

Джефф Андерсен, Академия BBC США, автор книги «Телескоп»

Я также хотел бы поблагодарить моего агента Стюарта Кричевски, который помогал мне в течение всех этих лет и занимался всеми моими книгами, а также редактора Роджера Шолла, чьи твердая рука, здравые суждения и редакторский опыт направляли многие мои книги. Я бы также хотел поблагодарить моих коллег из нью-йоркского Сити-Колледжа и аспирантуры Городского университета Нью-Йорка, в особенности В.П. Наира и Дэна Гринбергера, которые любезно нашли время для дискуссий.

ЧАСТЬ I

НЕВОЗМОЖНОСТИ I КЛАССА

I. ЗАЩИТНОЕ СИЛОВОЕ ПОЛЕ

I. Если заслуженный, но пожилой ученый утверждает, что некое явление возможно, он наверняка прав. Если он утверждает, что некое явление невозможно, он, весьма вероятно, ошибается.

II. Единственный способ определить пределы возможного — это набраться смелости и проникнуть на ту строну, в невозможное.

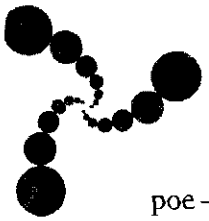
III. Любая достаточно развитая технология неотличима от волшебства.

Три закона Артура Кларка

«Поднять щиты!» — так звучит первый приказ, который в бесконечном сериале «Звездный путь» отдает резким голосом капитан Кирк своему экипажу; послушный приказу экипаж включает силовые поля, призванные защитить космический корабль «Энтерпрайз» от огня противника.

В сюжете «Звездного пути» силовые поля настолько важны, что их состояние вполне может определить исход сражения. Стоит энергии силового поля истощиться, и корпус «Энтерпрайза» начинает получать удары, чем дальше, тем сокрушительнее; в конце концов поражение становится неизбежным.

Так что же такое защитное силовое поле? В научной фантастике это обманчиво простая штука: тонкий невидимый, но при этом непроницаемый барьер, способный одинаково легко отражать лазерные лучи и ракеты. На первый взгляд силовое поле представляется настолько простым, что создание — и ско-



рое — боевых щитов на его основе кажется неминуемым. Так и ждешь, что не сегодня-завтра какой-нибудь предприимчивый изобретатель объявит, что ему удалось получить защитное силовое поле. Но истина гораздо сложнее.

Подобно лампочке Эдисона, которая коренным образом изменила современную цивилизацию, силовое поле способно глубоко затронуть все без исключения стороны нашей жизни. Военные воспользовались бы силовым полем, чтобы стать неуязвимыми, создали бы на его основе непроницаемый щит от вражеских ракет и пуль. В теории можно было бы создавать мосты, великолепные шоссе и дороги одним нажатием кнопки. Целые города возникали бы в пустыне словно по мановению волшебной палочки; все в них, вплоть до небоскребов, строилось бы исключительно из силовых полей. Купола силовых полей над городами позволили бы их обитателям произвольно управлять погодными явлениями — штормовыми ветрами, снежными бурями, торнадо. Под надежным пологом силового поля можно было бы строить города даже на дне океанов. От стекла, стали и бетона можно было бы вообще отказаться, заменив все строительные материалы силовыми полями.

Но, как ни странно, силовое поле оказывается одним из тех явлений, которые чрезвычайно сложно воспроизвести в лаборатории. Некоторые физики даже полагают, что это вообще не удастся сделать без изменения его свойств.

Майкл Фарадей

Концепция физического поля берет начало в работах великого британского ученого XIX в. Майкла Фарадея.

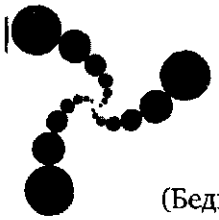
Родители Фарадея принадлежали к рабочему классу (его отец был кузнецом). Сам он в начале 1800-х гг. состоял в подмастерьях у переплетчика и влачил достаточно жалкое существование. Но юный Фарадей был зачарован недавним гигантским прорывом в науке — открытием таинственных

свойств двух новых сил, электричества и магнетизма. Он жадно поглощал всю доступную ему информацию по этим вопросам и посещал лекции профессора Хамфри Дэви из Королевского института в Лондоне.

Однажды профессор Дэви серьезно повредил глаза во время неудачного химического эксперимента; понадобился секретарь, и он взял на эту должность Фарадея. Постепенно молодой человек завоевал доверие ученых Королевского института и получил возможность проводить собственные важные эксперименты, хотя нередко ему приходилось терпеть и пренебрежительное отношение. С годами профессор Дэви все ревнивее относился к успехам своего талантливого молодого помощника, который поначалу считался в кругах экспериментаторов восходящей звездой, а со временем затмил славу самого Дэви. Только после смерти Дэви в 1829 г. Фарадей получил научную свободу и осуществил целую серию поразительных открытий. Результатом их стало создание электрических генераторов, обеспечивших энергией целые города и изменивших ход мировой цивилизации.

Ключом к величайшим открытиям Фарадея стали силовые, или физические, поля. Если поместить железные опилки над магнитом и встряхнуть, выяснится, что опилки укладываются в рисунок, напоминающий паутину и занимающий все пространство вокруг магнита. «Нити паутины» — это и есть фарадеевы силовые линии. Они наглядно показывают, как распределяются в пространстве электрическое и магнитное поля. К примеру, если изобразить графически магнитное поле Земли, то обнаружится, что линии исходят откуда-то из области Северного полюса, а затем возвращаются и снова уходят в землю в области Южного полюса. Аналогично, если изобразить силовые линии электрического поля молнии во время грозы, выяснится, что они сходятся на кончике молнии.

Пустое пространство для Фарадея вовсе не было пустым; оно было заполнено силовыми линиями, при помощи которых можно было заставить отдаленные предметы двигаться.



(Бедная юность не позволила Фарадею получить систематическое образование, и он практически не разбирался в математике; вследствие этого его записные книжки были заполнены не уравнениями и формулами, а нарисованными от руки диаграммами силовых линий. По иронии судьбы именно недостаток математического образования заставил его разработать великолепные диаграммы силовых линий, которые сегодня можно увидеть в любом учебнике физики. Физическая картина в науке нередко более важна, чем математический аппарат, который используется для ее описания.)

Историки выдвинули немало предположений о том, что именно привело Фарадея к открытию физических полей — одного из важнейших понятий в истории всей мировой науки. Фактически вся без исключения современная физика написана на языке фарадеевых полей. В 1831 г. Фарадей совершил ключевое открытие в области физических полей, навсегда изменившее нашу цивилизацию. Однажды, пронося магнит — детскую игрушку — над проволочной рамкой, он заметил, что в рамке возникает электрический ток, хотя магнит с ней не соприкасается. Это означало, что невидимое поле магнита способно на расстоянии заставить электроны двигаться, создавая ток.

Силовые поля Фарадея, которые до этого момента считались бесполезными картинками, плодом досужей фантазии, оказались реальной материальной силой, способной двигать объекты и генерировать энергию. Сегодня можно сказать наверняка: источник света, которым вы пользуетесь, чтобы прочесть эту страницу, получает энергию благодаря открытиям Фарадея в области электромагнетизма. Вращающийся магнит создает поле, которое толкает электроны в проводнике и заставляет их двигаться, рождая электрический ток, который затем можно использовать для питания лампочки. На этом принципе основаны генераторы электричества, обеспечивающие энергией города всего мира. К примеру, поток воды, падающий

с плотины, заставляет вращаться гигантский магнит в турбине; магнит толкает электроны в проводе, формируя электрический ток; ток, в свою очередь, течет по высоковольтным проводам в наши дома.

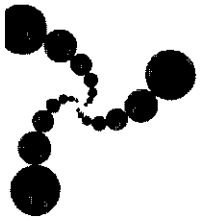
Другими словами, силовые поля Майкла Фарадея и есть те самые силы, что движут современной цивилизацией, всеми ее проявлениями — от электровозов до новейших вычислительных систем, Интернета и карманных компьютеров.

Полтора столетия фарадеевы физические поля вдохновляли физиков на дальнейшие исследования. На Эйнштейна, к примеру, они оказали такое сильное воздействие, что он сформулировал свою теорию гравитации на языке физических полей. На меня тоже работы Фарадея произвели сильнейшее впечатление. Несколько лет назад я успешно сформулировал теорию струн в терминах физических полей Фарадея, заложив таким образом фундамент для полевой теории струн. В физике сказать про кого-то, что он мыслит силовыми линиями, означает сделать этому человеку серьезный комплимент.

Четыре фундаментальных взаимодействия

Одним из величайших достижений физики за последние два тысячелетия стало выделение и определение четырех видов взаимодействия, которые правят вселенной. Все они могут быть описаны на языке полей, которым мы обязаны Фарадею. К несчастью, однако, ни один из четырех видов не обладает в полной мере свойствами силовых полей, описанных в большинстве фантастических произведений. Перечислим эти виды взаимодействия.

1. Гравитация. Безмолвная сила, не позволяющая нашим ногам оторваться от опоры. Она не дает рассыпаться Земле и звездам, помогает сохранить целостность Солнечной системы и Галактики. Без гравита-



ции вращение планеты вышвырнуло бы нас с Земли в космос со скоростью 1000 миль в час. Проблема в том, что свойства гравитации в точности противоположны свойствам фантастических силовых полей. Гравитация — сила притяжения, а не отталкивания; она чрезвычайно слаба — относительно, разумеется; она работает на громадных, астрономических расстояниях. Другими словами, являет собой почти полную противоположность плоскому, тонкому, непроницаемому барьеру, который можно встретить едва ли не в любом фантастическом романе или фильме. К примеру, перышко к полу притягивает целая планета — Земля, но мы легко можем преодолеть притяжение Земли и поднять перышко одним пальцем. Воздействие одного нашего пальца способно преодолеть силу притяжения целой планеты, которая весит больше шести триллионов килограммов.

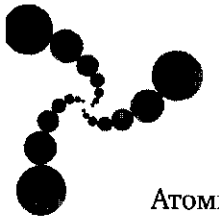
2. Электромагнетизм (ЭМ). Сила, освещающая наши города. Лазеры, радио, телевидение, современная электроника, компьютеры, Интернет, электричество, магнетизм — все это следствия проявления электромагнитного взаимодействия. Возможно, это самая полезная сила, которую удалось обуздать человечеству на протяжении всей его истории. В отличие от гравитации она может работать и на притяжение, и на отталкивание. Однако и она не годится на роль силового поля по нескольким причинам. Во-первых, ее можно легко нейтрализовать. К примеру, пластик или любой другой непроводящий материал без труда проникнет в мощное электрическое или магнитное поле. Кусок пластика, брошенный в магнитное поле, свободно пролетит его насквозь. Во-вторых, электромагнетизм действует на больших расстояниях, его непросто сосредоточить в плоскости. Законы ЭМ-взаимодействия описываются

уравнениями Джеймса Клерка Максвелла, и похоже, силовые поля не являются решением этих уравнений.

3 и 4. Сильные и слабые ядерные взаимодействия. Слабое взаимодействие — это сила радиоактивного распада, та, что разогревает радиоактивное ядро Земли. Эта сила стоит за извержениями вулканов, землетрясениями и дрейфом континентальных плит. Сильное взаимодействие не дает рассыпаться ядрам атомов; оно обеспечивает энергией солнце и звезды и отвечает за освещение Вселенной. Проблема в том, что ядерное взаимодействие работает только на очень маленьких расстояниях, в основном в пределах атомного ядра. Оно так прочно связано со свойствами самого ядра, что управлять им чрезвычайно трудно. В настоящее время нам известно только два способа влиять на это взаимодействие: мы можем разбить субатомную частицу на части в ускорителе или взорвать атомную бомбу.

Хотя защитные поля в научной фантастике и не подчиняются известным законам физики, все же существуют лазейки, которые в будущем, вероятно, сделают создание силового поля возможным. Во-первых, существует, возможно, пятый вид фундаментального взаимодействия, который никому до сих пор не удалось увидеть в лаборатории. Может оказаться, к примеру, что это взаимодействие работает только на расстояниях от нескольких дюймов до фута — а не на астрономических расстояниях. (Правда, первые попытки обнаружить пятый вид взаимодействия дали отрицательные результаты.)

Во-вторых, нам, возможно, удастся заставить плазму имитировать некоторые свойства силового поля. Плазма — это «четвертое состояние вещества». Три первые, привычные нам состояния вещества, — твердое, жидкое и газообразное; тем не менее самой распространенной формой вещества во вселенной является плазма: газ, состоящий из ионизированных атомов.



Атомы в плазме не связаны между собой и лишены электронов, а потому обладают электрическим зарядом. Ими можно без труда управлять при помощи электрического и магнитного полей.

Видимое вещество вселенной существует по большей части в форме различного рода плазмы; из нее образованы солнце, звезды и межзвездный газ. В обычной жизни мы почти не сталкиваемся с плазмой, потому что на Земле это явление редкое; тем не менее плазму можно увидеть. Для этого достаточно взглянуть на молнию, солнце или экран плазменного телевизора.

Плазменные окна

Как уже отмечалось выше, если нагреть газ до достаточно высокой температуры и получить таким образом плазму, то при помощи магнитного и электрического полей можно будет ее удерживать и придавать ей форму. К примеру, плазме можно придать форму листа или оконного стекла. Более того, такое «плазменное окно» можно использовать в качестве перегородки между вакуумом и обычным воздухом. В принципе, таким образом можно было бы удерживать воздух внутри космического корабля, не давая ему улетучиться в пространство; плазма в этом случае образует удобную прозрачную оболочку, границу между открытым космосом и кораблем.

В сериале «Звездный путь» силовое поле используется, в частности, для того, чтобы изолировать отсек, где находится и откуда стартует небольшой космический челнок, от космического пространства. И это не просто хитрая уловка, призванная сэкономить деньги на декорациях; такая прозрачная невидимая пленка может быть создана.

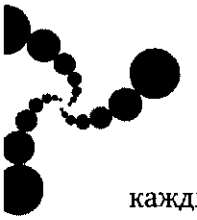
Плазменное окно придумал в 1995 г. физик Эди Гершкович в Брукхейвенской национальной лаборатории (Лонг-Айленд, штат Нью-Йорк). Это устройство было разработано в процессе

решения другой задачи — задачи сварки металлов при помощи электронного луча. Ацетиленовая горелка сварщика плавит металл потоком раскаленного газа, а затем уже соединяет куски металла воедино. При этом известно, что пучок электронов способен сваривать металлы быстрее, чище и дешевле, чем получается при обычных методах сварки. Главная проблема метода электронной сварки состоит в том, что осуществлять ее необходимо в вакууме. Это требование создает большие неудобства, поскольку означает сооружение вакуумной камеры — размером, возможно, с целую комнату.

Для решения этой проблемы д-р Гершкович изобрел плазменное окно. Это устройство размером всего 3 фута в высоту и 1 фут в диаметре; оно нагревает газ до температуры 6500 °С и тем самым создает плазму, которая сразу же попадает в ловушку электрического и магнитного полей. Частицы плазмы, как частицы любого газа, оказывают давление, которое не дает воздуху ворваться и заполнить собой вакуумную камеру. (Если использовать в плазменном окне аргон, он испускает голубоватое свечение, совсем как силовое поле в «Звездном пути».)

Плазменное окно, очевидно, найдет широкое применение в космической отрасли и промышленности. Даже в промышленности для микрообработки и сухого травления часто необходим вакуум, но применение его в производственном процессе может оказаться очень дорогим. Но теперь, с изобретением плазменного окна, удерживать вакуум одним нажатием кнопки станет несложно и недорого.

Но можно ли использовать плазменное окно как непроницаемый щит? Защитит ли оно от выстрела из пушки? Можно вообразить появление в будущем плазменных окон, обладающих гораздо большей энергией и температурой, достаточной для испарения попадающих в него объектов. Но для создания более реалистичного силового поля с известными по фантастическим произведениям характеристиками потребуется многослойная комбинация нескольких технологий. Возможно,



каждый слой сам по себе не будет достаточно прочным, чтобы остановить пушечное ядро, но вместе нескольких слоев может оказаться достаточно.

Попробуем представить себе структуру такого силового поля. Внешний слой, к примеру сверхзаряженное плазменное окно, разогретое до температуры, достаточной для испарения металлов. Вторым слоем может оказаться завеса из высокоэнергетических лазерных лучей. Такая завеса из тысяч перекрещивающихся лазерных лучей создавала бы пространственную решетку, которая нагревала бы проходящие через нее объекты и эффективно испаряла их. Более подробно мы поговорим о лазерах в следующей главе.

Далее, за лазерной завесой, можно вообразить себе пространственную решетку из «углеродных нанотрубок» — крохотных трубочек, состоящих из отдельных атомов углерода, со стенками толщиной в один атом. Таким трубки во много раз прочнее стали. На данный момент самая длинная из полученных в мире углеродных нанотрубок имеет длину всего около 15 мм, но можно уже предвидеть день, когда мы сможем создавать углеродные нанотрубки произвольной длины. Предположим, что из углеродных нанотрубок можно будет сплести пространственную сеть; в этом случае мы получим чрезвычайно прочный экран, способный отразить большинство объектов. Экран этот будет невидим, так как каждая отдельная нанотрубка по толщине сравнима с атомом, но пространственная сеть из углеродных нанотрубок превзойдет по прочности любой другой материал.

Итак, мы имеем основания предположить, что сочетание плазменного окна, лазерной завесы и экрана из углеродных нанотрубок может послужить основой для создания почти непроницаемой невидимой стены.

Но даже такой многослойный щит будет не в состоянии продемонстрировать все свойства, которые научная фантастика приписывает силовому полю. Так, он будет прозрачен,

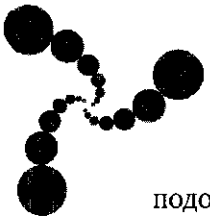
а значит, не сможет остановить лазерный луч. В битве с применением лазерных пушек наши многослойные щиты окажутся бесполезными.

Чтобы остановить лазерный луч, щит должен будет кроме перечисленного обладать сильно выраженным свойством «фотохроматичности», или переменной прозрачности. В настоящее время материалы с такими характеристиками используются при изготовлении солнечных очков, способных затемняться при воздействии УФ-излучения. Переменная прозрачность материала достигается за счет использования молекул, которые могут существовать по крайней мере в двух состояниях. При одном состоянии молекул такой материал прозрачен. Но под воздействием УФ-излучения молекулы мгновенно переходят в другое состояние и материал теряет прозрачность.

Возможно, когда-нибудь мы сможем при помощи нанотехнологии получить вещество, прочное, как углеродные нанотрубки, и способное менять свои оптические свойства под воздействием лазерного луча. Щит из такого вещества сможет останавливать не только потоки частиц или орудийные снаряды, но и лазерный удар. В настоящее время, однако, не существует материалов с переменной прозрачностью, способных остановить лазерный луч.

Магнитная левитация

В научной фантастике силовые поля выполняют еще одну функцию, кроме отражения ударов из лучевого оружия, а именно служат опорой, которая позволяет преодолевать силу притяжения. В фильме «Назад в будущее» Майкл Фокс катается на «ховерборде», или «парящей доске»; эта штука во всем напоминает привычный скейтборд, вот только «ездит» по воздуху, над поверхностью земли. Физические законы — такие, какими мы их знаем на сегодняшний день, — не позволяют реализовать



подобное антигравитационное устройство (как мы увидим в главе 10). Но можно представить себе в будущем создание других устройств — парящих досок и парящих автомобилей на магнитной подушке; эти машины позволят нам без труда поднимать и удерживать на весу крупные объекты. В будущем, если «сверхпроводимость при комнатной температуре» станет доступной реальностью, человек сможет поднимать в воздух предметы, используя возможности магнитных полей.

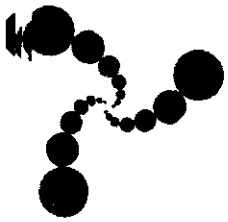
Если мы поднесем северный полюс постоянного магнита к северному же полюсу другого такого же магнита, магниты будут отталкиваться друг от друга. (Если мы перевернем один из магнитов и поднесем его южным полюсом к северному полюсу другого, два магнита будут притягиваться.) Этот же принцип — то, что одноименные полюса магнитов отталкиваются, — можно использовать для подъема с земли огромных тяжестей. Уже сейчас в нескольких странах идет строительство технически передовых поездов на магнитной подвеске. Такие поезда проносятся не по путям, а над ними на минимальном расстоянии; на весу их удерживают обычные магниты. Поезда как бы парят в воздухе и могут благодаря нулевому трению развивать рекордные скорости.

Первая в мире коммерческая автоматизированная транспортная система на магнитной подвеске была запущена в действие в 1984 г. в британском городе Бирмингеме. Она соединила терминал международного аэропорта и расположенный неподалеку железнодорожный вокзал. Поезда на магнитной подвеске действуют также в Германии, Японии и Корее, хотя большинство из них не предназначены для высоких скоростей. Первый скоростной коммерческий поезд на магнитной подвеске начал ходить по запущенному в действие участку трассы в Шанхае; этот поезд движется по трассе со скоростью до 431 км/ч. Японский поезд на магнитной подвеске в префектуре Яманаси разогнался до скорости 581 км/ч — т. е. двигался значительно быстрее, чем обычные поезда на колесах.

Но устройства на магнитной подвеске чрезвычайно дороги. Один из путей к увеличению их эффективности — использование сверхпроводников, которые при охлаждении до температур, близких к абсолютному нулю, полностью теряют электрическое сопротивление. Явление сверхпроводимости открыл в 1911 г. Хейке Камерлинг-Оннес. Суть его состояла в том, что некоторые вещества при охлаждении до температуры ниже 20 К (20° выше абсолютного нуля) теряют всякое электрическое сопротивление. Как правило, при охлаждении металла его электрическое сопротивление постепенно уменьшается. (Дело в том, что направленному движению электронов в проводнике мешают случайные колебания атомов. При уменьшении температуры размах случайных колебаний уменьшается, и электричество испытывает меньшее сопротивление.) Но Камерлинг-Оннес, к собственному изумлению, обнаружил, что сопротивление некоторых материалов при определенной критической температуре резко падает до нуля.

Физики сразу поняли важность полученного результата. При передаче на большие расстояния в линиях электропередачи теряется значительное количество электроэнергии. Но если бы сопротивление удалось устранить, электроэнергию можно было бы передавать в любое место почти даром. Вообще, возбужденный в замкнутом контуре электрический ток мог бы циркулировать в нем без потерь энергии миллионы лет. Более того, из этих необычайных токов несложно было бы создать магниты невероятной мощности. А имея такие магниты, можно было бы без усилий поднимать громадные грузы.

Несмотря на чудесные возможности сверхпроводников, применять их очень непросто. Держать большие магниты в баках с чрезвычайно холодными жидкостями очень дорого. Чтобы сохранять жидкости холодными, потребуются громадные фабрики холода, которые поднимут стоимость сверхпроводящих магнитов до заоблачных высот и сделают их использование невыгодным.



Но однажды физикам, возможно, удастся создать вещество, которое сохранит сверхпроводящие свойства даже при нагреве до комнатной температуры. Сверхпроводимость при комнатной температуре — «святой грааль» физиков-твердотельщиков. Получение таких веществ, по всей вероятности, послужит началом второй промышленной революции. Мощные магнитные поля, способные удерживать на весу машины и поезда, станут настолько дешевыми, что даже «планирующие автомобили», возможно, окажутся экономически выгодными. Очень может быть, что с изобретением сверхпроводников, сохраняющих свои свойства при комнатной температуре, фантастические летающие машины, которые мы видим в фильмах «Назад в будущее», «Особое мнение» и «Звездные войны», станут реальностью.

В принципе вполне представимо, что человек сможет надевать специальный пояс из сверхпроводящих магнитов, который позволит ему свободно левитировать над землей. С таким поясом можно было бы летать по воздуху, подобно Супермену. Вообще, сверхпроводимость при комнатной температуре явление настолько замечательное, что изобретение и использование таких сверхпроводников описано во множестве научно-фантастических романов (таких, как серия романов про Мир-Кольцо, созданная Ларри Нивеном в 1970 г.).

Десятки лет физики безуспешно искали вещества, которые обладали бы сверхпроводимостью при комнатной температуре. Это был утомительный скучный процесс — искали методом проб и ошибок, испытывая один материал за другим. Но в 1986 г. был открыт новый класс веществ, получивших название «высокотемпературные сверхпроводники»; эти вещества обретали сверхпроводимость при температурах порядка 90° выше абсолютного нуля, или 90 К. Это открытие стало настоящей сенсацией в мире физики. Казалось, распахнулись ворота шлюза. Месяц за месяцем физики соревновались друг с другом, стремясь установить новый мировой рекорд сверх-

проводимости. Какое-то время даже казалось, что сверхпроводимость при комнатной температуре вот-вот сойдет со страниц научно-фантастических романов и станет реальностью. Но после нескольких лет бурного развития исследования в области высокотемпературных сверхпроводников начали замедляться.

В настоящее время мировой рекорд для высокотемпературных сверхпроводников принадлежит веществу, представляющему собой сложный оксид меди, кальция, бария, таллия и ртути, которое становится сверхпроводящим при 138 К (–135 °С). Эта относительно высокая температура все еще очень далека от комнатной. Но и это — важный рубеж. Азот становится жидким при температуре 77 К, а жидкий азот стоит примерно столько же, сколько обычное молоко. Поэтому для охлаждения высокотемпературных сверхпроводников можно использовать обычный жидкий азот, это недорого. (Разумеется, сверхпроводники, остающиеся таковыми и при комнатной температуре, совсем не потребуют охлаждения.)

Неприятно другое. В настоящее время не существует теории, которая объясняла бы свойства высокотемпературных сверхпроводников. Более того, предприимчивого физика, который сумеет объяснить, как они работают, ждет Нобелевская премия. (В известных высокотемпературных сверхпроводниках атомы организованы в четко выраженные слои. Многие физики предполагают, что именно слоистость керамического материала дает возможность электронам свободно передвигаться внутри каждого слоя, создавая таким образом сверхпроводимость. Но как именно и почему это происходит — по-прежнему загадка.)

Недостаток знаний вынуждает физиков искать новые высокотемпературные сверхпроводники по старинке, методом проб и ошибок. Это означает, что пресловутая сверхпроводимость при комнатной температуре может быть открыта когда угодно — завтра, через год, или вообще никогда. Никто не знает,

когда будет найдено вещество с такими свойствами и будет ли оно найдено вообще.

Но если сверхпроводники при комнатной температуре будут открыты, их открытие, скорее всего, породит громадную волну новых изобретений и коммерческих приложений. Обычными, возможно, станут магнитные поля, в миллион раз более сильные, чем магнитное поле Земли (которое составляет 0,5 Гс).

Одно из свойств, присущих всем сверхпроводникам, носит название эффекта Мейснера. Если поместить магнит над сверхпроводником, магнит зависнет в воздухе, как будто поддерживаемый некой невидимой силой. (Причина эффекта Мейснера заключается в том, что магнит обладает свойством создавать внутри сверхпроводника собственное «зеркальное отражение», так что настоящий магнит и его отражение начинают отталкиваться друг от друга. Еще одно наглядное объяснение этого эффекта — в том, что сверхпроводник непроницаем для магнитного поля. Он как бы выталкивает магнитное поле. Поэтому, если поместить магнит над сверхпроводником, силовые линии магнита при контакте со сверхпроводником исказятся. Эти силовые линии и будут выталкивать магнит вверх, заставляя его левитировать.)

Если человечество получит возможность использовать эффект Мейснера, то можно вообразить шоссе будущего с покрытием из такой специальной керамики. Тогда при помощи магнитов, размещенных у нас на поясе или на днище автомобиля, мы сможем волшебным образом парить над дорогой и нестись к месту назначения без всякого трения или потерь энергии.

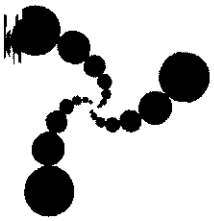
Эффект Мейснера работает только с магнитными материалами, такими как металлы. Но можно использовать сверхпроводниковые магниты и для левитирования немагнитных материалов, известных как парамагнетики или диамагнетики. Эти вещества сами по себе не обладают магнитными свойствами; они обретают их только в присутствии и под воздействием

внешнего магнитного поля. Парамагнетики притягиваются внешним магнитом, диамагнетики отталкиваются.

Вода, к примеру, диамагнетик. Поскольку все живые существа состоят из воды, они тоже могут левитировать в присутствии мощного магнитного поля. В поле с магнитной индукцией около 15 Т (в 30 000 раз более мощном, чем магнитное поле Земли) ученым уже удалось заставить левитировать небольших животных, таких как лягушки. Но если сверхпроводимость при комнатной температуре станет реальностью, можно будет поднимать в воздух и крупные немагнитные объекты, пользуясь их диамагнитными свойствами.

В заключение отметим, что силовые поля в том виде, в каком их обычно описывает фантастическая литература, не согласуются с описанием четырех фундаментальных взаимодействий в нашей Вселенной. Но можно предположить, что человеку удастся имитировать многие свойства этих выдуманных полей при помощи многослойных щитов, включающих в себя плазменные окна, лазерные завесы, углеродные нанотрубки и вещества с переменной прозрачностью. Но реально такой щит может быть разработан лишь через несколько десятилетий, а то и через столетие. И в случае, если сверхпроводимость при комнатной температуре будет обнаружена, у человечества появится возможность использовать мощные магнитные поля; возможно, с их помощью удастся поднять в воздух автомобили и поезда, как мы видим в фантастических фильмах.

Принимая все это во внимание, я бы отнес силовые поля к I классу невозможности, т. е. определил их как нечто невозможное для сегодняшних технологий, но реализуемое в модифицированной форме в течение ближайшего столетия или около того.



2. НЕВИДИМОСТЬ

Нельзя полагаться на глаза, если расфокусировано воображение.
Марк Твен

В сериале «Звездный путь IV: Путешествие домой» экипаж «Энтерпрайза» захватывает боевой крейсер клингонов. В отличие от кораблей Звездного флота Федерации, корабли Клингонской империи оборудованы секретным «маскирующим устройством», способным сделать их невидимыми для глаза и радара. Это устройство позволяет клингонским кораблям заходить незамеченными в хвост кораблям Федерации и безнаказанно наносить первый удар. Благодаря маскирующему устройству Клингонская империя имеет перед Федерацией планет стратегическое преимущество.

Возможно ли на самом деле такое устройство? Невидимость давно стала одним из привычных чудес научно-фантастических и фэнтезийных произведений — от «Человека-невидимки» до волшебного плаща-невидимки Гарри Поттера или кольца из «Властелина колец». Тем не менее на протяжении по крайней мере ста лет физики дружно отрицали возможность создания плащей-невидимок и однозначно заявляли, что это невозможно: плащи-де нарушают законы оптики и не согласуются ни с одним из известных свойств вещества.

Но сегодня невозможное может стать возможным. Достижения в области «метаматериалов» заставляют в значительной

мере пересмотреть учебники оптики. Созданные в лаборатории рабочие образцы таких материалов вызывают живой интерес средств массовой информации, производственников и военных; всем интересно, как видимое сделать невидимым.

Невидимость в истории

Невидимость, возможно, одна из самых старых концепций древней мифологии. С начала времен человек, оставшись один в пугающей тишине ночи, чувствовал присутствие невидимых существ и боялся их. Повсюду вокруг него во тьме таились духи мертвых — души тех, кто ушел до него. Греческий герой Персей, вооружившись шлемом-невидимкой, сумел убить злобную горгону Медузу. Генералы всех времен мечтали о маскирующем устройстве, которое позволило бы стать невидимым для врага. Пользуясь невидимостью, можно было бы легко проникнуть за линию обороны противника и застать его врасплох. Преступники могли бы использовать невидимость для совершения дерзких ограблений.

В теории этики и морали Платона невидимость играла главную роль. В своем философском труде «Государство» Платон поведал нам миф о кольце Гига. В этом мифе бедный, но честный пастух Гиг из Лидии проникает в тайную пещеру и находит там гробницу; у трупа на пальце он видит золотое кольцо. Далее Гиг обнаруживает, что кольцо обладает волшебной силой и может делать его невидимым. Бедный пастух буквально пьянеет от власти, которую дало ему кольцо. Пробравшись в царский дворец, Гиг при помощи кольца соблазняет царицу, затем с ее помощью убивает царя и становится следующим царем Лидии.

Мораль, которую Платон вывел из этой истории, состоит в том, что ни один человек не в состоянии устоять перед искушением брать чужое и убивать безнаказанно. Люди слабы, а мораль — социальное явление, которое необходимо насаждать и поддерживать извне. На публике человек может соблю-

дать нормы морали, чтобы выглядеть порядочным и честным и поддерживать собственную репутацию, но стоит дать ему возможность становиться невидимым, и он не сможет удержаться и непременно воспользуется своим новым могуществом. (Некоторые считают, что именно эта притча о морали вдохновила Дж.Р.Р. Толкина на создание трилогии «Властелин колец»; кольцо, делающее своего владельца невидимым, одновременно является источником зла.)

В научной фантастике невидимость — один из обычных движителей сюжета. В серии комиксов 1930-х гг. «Флэш Гордон» Флэш становится невидимым, чтобы скрыться от расстрельной команды негодяя Минга Безжалостного. В романах и фильмах о Гарри Поттере главный герой, накинув волшебный плащ, может незамеченным бродить по Хогвартскому замку.

Герберт Уэллс в классическом романе «Человек-невидимка» воплотил в конкретную форму примерно те же идеи. В этом романе студент-медик случайно открывает возможности четвертого измерения и становится невидимым. К несчастью, он использует полученные фантастические возможности в личных целях, совершает целую череду мелких преступлений и в конце концов погибает в отчаянной попытке уйти от полиции.

Уравнения Максвелла и тайна света

Физики получили сколько-нибудь четкое представление о законах оптики относительно недавно в результате работ шотландца Джеймса Клерка Максвелла, одного из гигантов физики XIX в. В определенном смысле Максвелл был полной противоположностью Фарадею. Если Фарадей обладал великолепным чутьем экспериментатора, но не имел никакого формального образования, то его современник Максвелл был магистром высшей математики. Он с отличием прошел обучение по курсу математической физики в Кембридже, где за два столетия до него работал Исаак Ньютон.

Ньютон придумал дифференциальное исчисление — оно описывает на языке дифференциальных уравнений, как объекты непрерывно претерпевают бесконечно малые изменения во времени и пространстве. Движение океанских волн, жидкостей, газов и пушечных ядер — все это может быть описано на языке дифференциальных уравнений. Максвелл начал работать, перед собой ясную цель: выразить революционные открытия Фарадея и его физические поля при помощи точных дифференциальных уравнений.

Максвелл начал с утверждения Фарадея о том, что электрические поля могут превращаться в магнитные и наоборот. Он взял нарисованные Фарадеем картины физических полей и записал их на точном языке дифференциальных уравнений. В результате была получена одна из важнейших в современной науке систем уравнений. Это система из восьми дифференциальных уравнений довольно жуткого вида. Каждому физику и инженеру в мире пришлось в свое время попотеть над ними, осваивая в институте электромагнетизм.

Далее Максвелл задал себе судьбоносный вопрос: если магнитное поле может превращаться в электрическое и наоборот, то что происходит, если они постоянно переходят одно в другое в бесконечной череде превращений? Максвелл обнаружил, что такое электромагнитное поле породит волну, подобную океанской. Он вычислил скорость движения таких волн и, к собственному изумлению, обнаружил, что она равняется скорости света! В 1864 г., обнаружив данный факт, он пророчески написал: «Эта скорость настолько близка к скорости света, что мы, по всей видимости, имеем все основания сделать вывод о том, что сам свет... представляет собой электромагнитное возмущение».

Это открытие стало, возможно, одним из величайших в истории человечества — была наконец раскрыта тайна света! Максвелл внезапно понял, что все — и сияние летнего восхода, и яростные лучи заходящего солнца, и ослепительные цвета ра-

дуги, и звезды на ночном небосклоне — можно описать при помощи волн, которые он небрежно изобразил на клочке бумаги. Сегодня мы понимаем, что весь электромагнитный спектр: сигналы радаров, микроволновое излучение и телевизионные волны, инфракрасный, видимый и ультрафиолетовый свет, рентгеновские и гамма-лучи — это не что иное, как максвелловы волны; а те, в свою очередь, представляют собой вибрации фарадеевых физических полей.

Говоря о значении уравнений Максвелла, Эйнштейн писал, что это «самое глубокое и плодотворное, что довелось испытать физике со времен Ньютона».

(Трагично, но Максвелл, один из величайших физиков XIX столетия, умер достаточно молодым, в возрасте 48 лет, от рака желудка — вероятно, той же болезни, что убила его мать в этом же возрасте. Проживи он дольше, и возможно, ему удалось бы обнаружить, что полученные им уравнения допускают искажения пространства–времени, и это привело бы прямо к теории относительности Эйнштейна. Мысль о том, что проживи Максвелл дольше, и теория относительности могла бы появиться во времена Гражданской войны в Америке, потрясает до глубины души.)

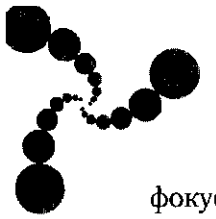
Максвеллова теория света и атомная теория строения вещества дают оптике и невидимости простое объяснение. В твердом теле атомы плотно упакованы, тогда как в жидкости или газе расстояния между молекулами гораздо больше. Большинство твердых тел непрозрачны, так как лучи света не могут пройти через плотный строй атомов, который играет роль кирпичной стены. Многие жидкости и газы, напротив, прозрачны, потому что свету проще пройти между редкими атомами, расстояния между которыми больше, чем длина волны видимого света. К примеру, вода, спирт, аммиак, ацетон, перекись водорода, бензин и другие жидкости прозрачны, как прозрачны и газы, такие как кислород, водород, азот, углекислый газ, метан и т. п.

Из этого правила существует несколько важных исключений. Многие кристаллы одновременно твердые и прозрачные. Но атомы в кристалле располагаются в узлах правильной пространственной решетки и образуют регулярные ряды с одинаковыми интервалами между ними. В результате в кристаллической решетке всегда много путей, по которым луч света может пройти сквозь нее. Поэтому, хотя атомы в кристалле упакованы не менее плотно, чем в любом другом твердом теле, свет все же способен проникать сквозь него.

При определенных обстоятельствах даже твердый объект со случайно расположенными атомами может стать прозрачным. Такого эффекта для некоторых материалов можно добиться, если нагреть объект до высокой температуры, а затем резко охладить. К примеру, стекло — твердое тело, обладающее из-за случайного расположения атомов многими свойствами жидкости. Некоторые леденцы тоже можно таким образом сделать прозрачными.

Очевидно, свойство невидимости возникает на атомном уровне, согласно уравнениям Максвелла, и потому его чрезвычайно трудно, если вообще возможно, воспроизвести обычными методами. Чтобы сделать Гарри Поттера невидимым, его придется перевести в жидкое состояние, вскипятить и превратить в пар, кристаллизовать, нагреть и охладить — согласитесь, любое из этих действий было бы весьма затруднительным даже для волшебника.

Военные, оказавшись не в состоянии построить невидимые самолеты, попытались проделать более простую вещь: создали технологию «стелс», которая делает самолеты невидимыми для радаров. Технология «стелс», опираясь на уравнения Максвелла, проделывает серию фокусов. Реактивный истребитель «стелс» легко увидеть невооруженным глазом, зато на экране вражеского радара его изображение по размеру примерно соответствует крупной птице. (На самом деле технология «стелс» представляет собой сочетание нескольких совершенно разных



фокусов. По возможности материалы конструкции истребителя заменяются на прозрачные для радара: вместо стали используются различные пластики и смолы; изменяются углы фюзеляжа; меняется конструкция сопла двигателя и т. д. В результате всех этих ухищрений можно заставить радарный луч противника, попавший в самолет, рассеиваться во всех направлениях и не возвращаться в приемное устройство. Но даже с применением этой технологии истребитель не становится совершенно невидимым; просто его корпус отклоняет и рассеивает радарный луч настолько, насколько это технически возможно.)

Метаматериалы и невидимость

Возможно, самым многообещающим в плане невидимости из недавних достижений является экзотический новый материал, известный как «метаматериал»; не исключено, что когда-нибудь он сделает объекты на самом деле невидимыми. Забавно, но когда-то существование метаматериалов также считалось невозможным, поскольку они нарушают законы оптики. Но в 2006 г. исследователи из Университета Дьюка в Дарэме (штат Северная Каролина) и Имперского колледжа в Лондоне успешно опровергли это общепринятое мнение и при помощи метаматериалов сделали объект невидимым для микроволнового излучения. Препятствий на этом пути пока хватает, но впервые в истории у человечества появилась методика, позволяющая делать обычные объекты невидимыми. (Финансировало эти исследования DARPA — Агентство перспективных исследовательских проектов Минобороны США.)

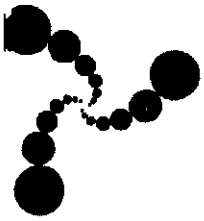
Натан Мирволд, бывший главный технолог фирмы Microsoft, утверждает, что революционные возможности метаматериалов «полностью изменят наш подход к оптике и к почти всем аспектам электроники... Некоторые из метаматериалов способны на такие подвиги, которые несколько десятилетий назад показалось бы чудом».

НЕВИДИМОСТЬ

Что представляют собой метаматериалы? Это вещества, обладающие несуществующими в природе оптическими свойствами. При создании метаматериалов в вещество внедряются крошечные имплантаты, которые вынуждают электромагнитные волны выбирать нестандартные пути. В Университете Дьюка ученые внедрили в медные ленты, уложенные плоскими концентрическими кругами (все это немного напоминает по конструкции конфорку электроплитки), множество крошечных электрических контуров. Результатом стала сложная структура из керамики, тефлона, композитных волокон и металлических компонентов. Крошечные имплантаты, присутствующие в меди, дают возможность отклонять микроволновое излучение и направлять его по заданному пути. Представьте себе, как река обтекает валун. Вода очень быстро оборачивается вокруг камня, поэтому ниже по течению его присутствие никак не сказывается и выявить его невозможно. Точно так же метаматериалы способны непрерывно изменять маршрут микроволн таким образом, чтобы они обтекали, скажем, некий цилиндр и тем самым делали все внутри этого цилиндра невидимым для радиоволн. Если метаматериал сможет к тому же устранить все отражения и тени, то объект станет полностью невидимым для этой формы излучения.

Ученые успешно продемонстрировали этот принцип при помощи устройства, состоящего из десяти колец из стекловолокна, покрытых медными элементами. Медное кольцо внутри устройства было почти невидимым для микроволнового излучения; оно лишь отбрасывало слабую тень.

Необычные свойства метаматериалов базируются на их способности управлять параметром, известным как «показатель преломления». Преломление — свойство света менять направление распространения при прохождении через прозрачный материал. Если опустить руку в воду или просто посмотреть через линзы очков, можно заметить, что вода и стекло отклоняют и искажают ход лучей обычного света.



Причина отклонения светового луча в стекле или воде состоит в том, что при входе в плотный прозрачный материал свет замедляется. Скорость света в идеальном вакууме постоянна, но в стекле или воде свет «протискивается» через скопление триллионов атомов и потому замедляется. (Отношение скорости света в вакууме к скорости света в среде называется показателем преломления. Поскольку свет в любой среде замедляется, показатель преломления всегда больше единицы.) К примеру, показатель преломления для вакуума составляет 1,00; для воздуха — 1,0003; для стекла — 1,5; для бриллианта — 2,4. Как правило, чем плотнее среда, тем сильнее она отклоняет луч света и тем больше, соответственно, показатель преломления.

Очень наглядной демонстрацией явлений, связанных с преломлением, могут послужить миражи. Если вы, проезжая по шоссе в жаркий день, будете смотреть прямо вперед, на горизонт, то дорога местами покажется вам мерцающей и создаст иллюзию сверкающей водной глади. В пустыне иногда можно увидеть на горизонте очертания далеких городов и гор. Происходит это потому, что нагретый над дорожным полотном или песком пустыни воздух имеет более низкую плотность и, соответственно, более низкий показатель преломления, чем окружающий его обычный, более прохладный воздух; поэтому свет от удаленных объектов может испытать преломление в нагретом слое воздуха и попасть после этого в глаз; при этом у вас возникает иллюзия того, что вы действительно видите удаленные объекты.

Как правило, показатель преломления — величина постоянная. Узкий луч света, проникая в стекло, меняет направление, а затем продолжает двигаться по прямой. Но предположим на мгновение, что мы в состоянии управлять показателем преломления, так чтобы в каждой точке стекла он мог постоянно изменяться заданным образом. Свет, двигаясь в таком новом материале, мог бы произвольным образом менять направление; путь луча в этой среде извивался бы, подобно змее.

НЕВИДИМОСТЬ

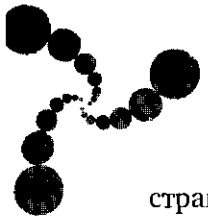
Если бы можно было управлять показателем преломления в метаматериале так, чтобы свет огибал некий объект, то объект этот станет невидимым. Для получения такого эффекта показатель преломления в метаматериале должен быть отрицательным, но в любом учебнике оптики сказано, что это невозможно.

(Впервые метаматериалы были теоретически предсказаны в работе советского физика Виктора Веселаго в 1967 г. Именно Веселаго показал, что эти материалы должны обладать такими необычными оптическими свойствами, как отрицательный показатель преломления и обратный эффект Доплера. Метаматериалы представляются настолько странными и даже нелепыми, что первое время их практическая реализация считалась попросту невозможной. Однако в последние несколько лет метаматериалы были-таки получены в лаборатории, что вынудило физиков заняться переписыванием учебников по оптике.)

Исследователям, которые занимаются метаматериалами, постоянно докучают журналисты с вопросом: когда на рынке появятся наконец плащи-невидимки? Ответ можно сформулировать очень просто: не скоро.

Дэвид Смит из Университета Дьюка рассказывает: «Репортеры звонят и умоляют хотя бы назвать срок. Через сколько месяцев или, скажем, лет это произойдет. Они давят, давят и давят, и ты в конце концов не выдерживаешь и говоришь, что лет, может, через пятнадцать. И тут же — газетный заголовок, да? Пятнадцать лет до плаща Гарри Поттера». Вот почему он теперь отказывается называть какие бы то ни было сроки.

Поклонникам Гарри Поттера или «Звездного пути», скорее всего, придется подождать. Хотя настоящий плащ-невидимка уже не противоречит известным законам природы — а с этим в настоящий момент соглашается большинство физиков, — ученым предстоит преодолеть еще много сложных технических препятствий, прежде чем эту технологию можно будет распро-



странить на работу с видимым светом, а не только с микроволновым излучением.

В общем случае размеры внутренних структур, внедренных в метаматериал, должны быть меньше длины волны излучения. К примеру, микроволны могут иметь длину волны порядка 3 см, поэтому если мы хотим, чтобы метаматериал искривлял путь микроволн, мы должны внедрить в него имплантаты размером меньше 3 см. Но чтобы сделать объект невидимым для зеленого света (с длиной волны 500 нм), метаматериал должен иметь внедренные структуры длиной всего около 50 нм. Но нанометры — это уже атомный масштаб, для работы с такими размерами требуются *нанотехнологии*. (Нанометр — это одна миллиардная часть метра. В одном нанометре может уместиться примерно пять атомов.) Возможно, это ключевая проблема, с которой нам придется столкнуться при создании настоящего плаща-невидимки. Чтобы произвольно искривлять, подобно змее, путь светового луча, нам пришлось бы модифицировать отдельные атомы внутри метаматериала.

Метаматериалы для видимого света

Итак, гонка началась.

Сразу же после объявления о получении в лаборатории первых метаматериалов в этой области началась лихорадочная активность. Каждые несколько месяцев мы слышим о революционных догадках и поразительных прорывах. Цель ясна: создать при помощи нанотехнологий метаматериалы, способные искривлять не только микроволны, но и видимый свет. Уже предложены несколько подходов, и все они представляются достаточно перспективными.

Одно из предложений заключается в том, чтобы использовать готовые методы, т. е. позаимствовать для производства метаматериалов отработанные технологии микроэлектронной промышленности. К примеру, в основе миниатюризации

компьютеров лежит технология «фотолитографии»; она же служит двигателем компьютерной революции. Эта технология позволяет инженерам размещать на кремниевой подложке размером с ноготь большого пальца сотни миллионов крохотных транзисторов.

Мощность компьютеров удваивается каждые 18 месяцев (эту закономерность называют законом Мура). Происходит это благодаря тому, что ученые при помощи ультрафиолетового излучения «вытравливают» на кремниевых чипах все более и более крохотные компоненты. Эта технология очень напоминает процесс, при помощи которого наносят по трафарету рисунок на цветастую футболку. (Инженеры-компьютерщики начинают с тонкой подложки, на которую сверху накладываются тончайшие слои различных материалов. Затем подложка накрывается пластиковой маской, работающей как шаблон. На маску заранее наносится сложный рисунок проводников, транзисторов и компьютерных компонентов, составляющих основу принципиальной схемы. Заготовку облучают жестким ультрафиолетом, т. е. подвергают действию ультрафиолетового излучения с очень малой длиной волны; это излучение как бы переносит рисунок матрицы на светочувствительную подложку. Затем заготовку обрабатывают специальными газами и кислотами, и сложная схема матрицы вытравливается на подложке в тех местах, где она подвергалась действию ультрафиолетового излучения. В результате этого процесса получается пластинка с сотнями миллионов крошечных углублений, которые и образуют контуры транзисторов.) В настоящее время самые мелкие компоненты, которые удается создать при помощи описанного процесса, имеют размер около 30 нм (или примерно 150 атомов).

Заметной вехой на пути к невидимости стал недавний эксперимент группы ученых из Германии и Министерства энергетики США, в котором процесс травления кремниевой подложки удалось использовать для изготовления первого

метаматериала, способного работать в видимом диапазоне света. В начале 2007 г. ученые объявили, что созданный ими метаматериал оказывает воздействие на красный свет. «Невозможное» было реализовано в удивительно короткие сроки.

Физик Костас Сукулис из Лаборатории Эймса и Университета штата Айова вместе со Стефаном Линденом, Мартином Вегенером и Гуннаром Доллингом из Университета Карлсруэ в Германии сумели создать метаматериал с показателем преломления –0,6 для красного света с длиной волны 780 нм. (До этого мировой рекорд длины волны излучения, которое удалось «завернуть» при помощи метаматериала, составлял 1400 нм; это уже не видимый, а инфракрасный свет.)

Для начала ученые взяли лист стекла и нанесли на него тонкий слой серебра, затем слой фторида магния, затем снова слой серебра; таким образом, был получен «сэндвич» с фторидом толщиной всего 100 нм. После этого ученые при помощи стандартной технологии травления проделали в этом «сэндвиче» множество крохотных квадратных отверстий (шириной всего 100 нм, гораздо меньше длины волны красного света); в результате получилась решетчатая структура, напоминающая рыбацкую сеть. Затем они пропустили через полученный материал луч красного света и измерили показатель преломления, который составил –0,6.

Авторы предвидят, что изобретенная ими технология найдет широкое применение. Метаматериалы «могут когда-нибудь привести к созданию своего рода плоской суперлинзы, работающей в видимой части спектра, — говорит д-р Сукулис. — Такая линза позволит получать более высокое разрешение по сравнению с традиционной технологией и различать детали, значительно уступающие по размерам длине световой волны». Очевидно, одним из первых приложений «суперлинзы» станет фотографирование микроскопических объектов с беспрецедентной четкостью; речь может идти о фотографировании внутри живой человеческой клетки или о диагностике

заболеваний плода в чреве матери. В идеале появится возможность сфотографировать компоненты молекулы ДНК непосредственно, без применения грубых методов рентгеновской кристаллографии.

Пока ученым удалось продемонстрировать отрицательный показатель преломления только для красного света. Но метод надо развивать, и следующим шагом должно стать создание метаматериала, который мог бы полностью обвести красный луч вокруг объекта, сделав его невидимым для красного света.

Дальнейшее развитие можно ожидать также в области «фотонных кристаллов». Цель технологии фотонных кристаллов — создать чип, который использовал бы для обработки информации свет, а не электричество. Предполагается применить нанотехнологии для вытравливания на подложке крошечных компонентов — так, чтобы с каждым компонентом изменялся показатель преломления. Транзисторы, в которых работает свет, имеют немало преимуществ перед электронными. К примеру, в фотонных кристаллах значительно меньше тепловые потери. (В сложных кремниевых чипах выделяется столько тепла, что хватило бы поджарить яичницу. Чтобы такие чипы не отказывали, их необходимо непрерывно охлаждать, а это очень дорого.)

Нет ничего удивительного в том, что технология получения фотонных кристаллов должна идеально подойти для метаматериалов, — ведь обе технологии предполагают манипулирование показателем преломления света на наноуровне.

Невидимость через плазмонику

Не желая отставать от соперников, другая группа физиков объявила в середине 2007 г. о создании метаматериала, способного повернуть видимый свет, на базе совершенно иной технологии, получившей название «плазмоника». Физики Анри Лезек, Дженнифер Дионн и Гарри Этуотер из Калифорнийского тех-

нологического института объявили о создании метаматериала, обладающего отрицательным показателем преломления для более сложной сине-зеленой области видимого спектра.

Цель плазмоники — таким образом «сжать» свет, чтобы можно было манипулировать объектами в наномасштабе, особенно на поверхности металлов. Причина электропроводности металлов кроется в том, что электроны в атомах металлов слабо связаны с ядром и могут свободно передвигаться вдоль поверхности металлической решетки. Электричество, идущее по проводам у вас дома, представляет собой плавный поток этих слабо связанных электронов по металлической поверхности. Но при определенных условиях, когда луч света сталкивается с металлической поверхностью, электроны могут завибрировать в унисон со светом. При этом на поверхности металла возникают волнообразные движения электронов (эти волны называют плазмонами) в такт с колебаниями электромагнитного поля над металлом. Что еще важнее, эти плазмоны можно «сжать» — при этом они будут иметь ту же частоту, что и первоначальный световой луч (а значит, будут нести ту же информацию), но значительно меньшую длину волны. В принципе затем эти сжатые волны можно втиснуть в нанопроводники. Как и в случае фотонных кристаллов, конечная цель плазмоники — создание компьютерных чипов, в которых работает не электричество, а свет.

Группа из Калифорнийского технологического построила свой метаматериал из двух слоев серебра и азотно-кремниевого изолирующего слоя (толщиной всего 50 нм) между ними. Этот слой действует как «волновод», способный направить плазмонные волны в нужную сторону. Через щель, прорезанную в метаматериале, в устройство проникает лазерный луч; он проходит по волноводу, а затем выходит через вторую щель. Если проанализировать углы, на которые изгибается лазерный луч при прохождении через метаматериал, можно установить, что материал обладает отрицательным показателем преломления для света с данной длиной волны.

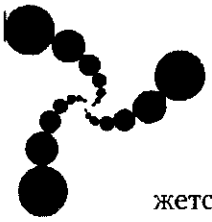
Будущее метаматериалов

Продвижение в исследовании метаматериалов в будущем будет ускоряться по той простой причине, что уже сейчас интерес к созданию транзисторов, которые работали бы на световом луче вместо электричества, очень велик. Поэтому можно предположить, что исследования в области невидимости смогут «подъехать на попутке», т. е. воспользоваться результатами уже идущих исследований по созданию замены кремниевому чипу при помощи фотонных кристаллов и плазмоники. Уже сегодня в разработку технологии, призванной заменить кремниевые чипы, вкладываются сотни миллионов долларов, а попутно выиграют и исследования в области метаматериалов.

В настоящее время новые серьезные открытия в этой области совершаются каждые несколько месяцев, поэтому не удивительно, что некоторые физики ожидают появления в лаборатории первых образцов реального щита невидимости уже через несколько десятилетий. Так, ученые уверены в том, что сумеют в ближайшие несколько лет создать метаматериалы, способные сделать объект полностью невидимым, по крайней мере в двух измерениях, для видимого света любой конкретной частоты. Чтобы добиться такого эффекта, необходимо будет внедрить в метаматериал крошечные наноимплантаты не правильными рядами, а по сложному рисунку, так чтобы в результате свет плавно огибал скрываемый объект.

Далее ученым придется изобрести и создать метаматериалы, способные изгибать свет в трех измерениях, а не только на плоских двумерных поверхностях. Фотолитография — отработанная технология для получения плоских кремниевых схем; создание же трехмерных метаматериалов потребует как минимум сложной компоновки нескольких плоских схем.

После этого ученым придется решить проблему создания метаматериалов, изгибающих свет не одной частоты, а нескольких — или, скажем, полосы частот. Это, возможно, ока-



жется самой сложной задачей, потому что все разработанные до сих пор крошечные имплантаты отклоняют свет только одной точно заданной частоты. Возможно, ученым придется заняться многослойными метаматериалами, где каждый слой будет действовать на одну конкретную частоту. Пока не ясно, каким будет решение этой проблемы.

Но щит невидимости, даже будучи наконец создан в лаборатории, может оказаться совсем не таким, как нам хочется, скорее всего, это будет тяжелое и неповоротливое устройство. Плащ Гарри Поттера был сшит из тонкой мягкой ткани и при этом делал любого, кто завернется в него, невидимым. Но чтобы такой эффект был возможен, показатель преломления внутри ткани должен постоянно меняться сложным образом в соответствии с колебаниями ткани и движениями человека. Это непрактично. Скорее всего, плащ-невидимка, по крайней мере поначалу, будет представлять собой твердый цилиндр из метаматериала. В этом случае показатель преломления внутри цилиндра можно будет сделать постоянным. (В более продвинутых моделях со временем могут появиться гибкие метаматериалы, способные изгибаться и при этом удерживать свет внутри себя на правильном пути. Тогда тот, кто будет находиться внутри «плаща», получит некоторую свободу движений.)

У щита невидимости есть один недостаток, на который уже неоднократно указывали: тот, кто находится внутри, не сможет выглянуть наружу, не став при этом видимым. Представьте себе Гарри Поттера, у которого видимыми остались только глаза; при этом они как бы плывут по воздуху на соответствующей высоте. Любые отверстия для глаз в плаще-невидимке были бы отчетливо видны снаружи. Если же сделать Гарри Поттера совершенно невидимым, то ему придется сидеть под своим плащом слепо и в полной темноте. (Одним из возможных решений этой проблемы могут стать два маленьких стеклышка перед глазами. Эти стеклышки будут работать как «расщепители луча»; они отщипывали бы и направляли в глаза небольшую

часть падающего на них света. При этом бóльшая часть света, попадающего на плащ, шла бы в обход, делая человека внутри невидимым, но некоторая, очень небольшая, его часть отделялась бы и попадала в глаза.)

Бесспорно, препятствия на пути к невидимости очень серьезны, но ученые и инженеры настроены оптимистично и считают, что щит невидимости того или иного рода может быть создан в течение нескольких ближайших десятилетий.

Невидимость и нанотехнологии

Как я уже упоминал, ключом к невидимости может стать развитие нанотехнологий, т. е. способности манипулировать структурами атомных (около одной миллиардной части метра в поперечнике) размеров.

Моментом зарождения нанотехнологий называют знаменитую лекцию с ироничным названием «На дне полным-полно места», которую прочитал нобелевский лауреат Ричард Фейнман перед Американским физическим обществом в 1959 г. В этой лекции он рассуждал о том, как могут выглядеть самые крохотные машины в соответствии с известными нам законами физики. Фейнман понимал, что размеры машин будут становиться все меньше и меньше, пока не приблизятся к размерам атома, а затем для создания новых машин можно будет использовать сами атомы. Он сделал вывод о том, что простейшие атомные машины вроде блока, рычага или колеса ничем не противоречат законам физики, но изготовить их будет чрезвычайно трудно.

Много лет нанотехнологии прозябали в забвении — просто потому, что технологии того времени не позволяли манипулировать отдельными атомами. Но в 1981 г. произошел прорыв — физики Герд Бинниг и Генрих Рорер из лаборатории IBM в Цюрихе изобрели сканирующий туннельный микроскоп, который позже принес им Нобелевскую премию по физике.

Ученые внезапно получили возможность получать поразительные «картинки» отдельных атомов, объединенных в структуры — в точности такие, какие изображают обычно в книгах по химии; когда-то критики атомной теории считали это невозможным. Теперь же можно было получить великолепные фотографии атомов, выстроенных рядами в правильной структуре кристалла или металла. Химические формулы, при помощи которых ученые пытались отразить сложную структуру молекулы, теперь можно было увидеть невооруженным взглядом. Более того, сканирующий туннельный микроскоп дал возможность манипулировать отдельными атомами. Первооткрыватели выложили из отдельных атомов буквы IBM, чем произвели в научном мире настоящую сенсацию. Ученые перестали быть слепцами в мире отдельных атомов; они получили возможность видеть атомы и работать с ними.

Принцип действия сканирующего туннельного микроскопа обманчиво прост. Подобно тому как граммофон сканирует диск иглой, этот микроскоп медленно проводит острый щуп над исследуемым веществом. (Кончик этого щупа такой острый, что заканчивается единичным атомом.) Щуп несет на себе слабый электрический заряд; с его конца через исследуемый материал к проводящей поверхности под ним течет электрический ток. При прохождении щупа над каждым отдельным атомом ток слегка меняется; изменения тока тщательно регистрируются. Подъемы и падения тока при прохождении иглы над атомом очень точно и детально отражают его очертания. Обработав и представив в графической форме данные о флуктуациях тока за большое количество проходов, можно получить красивую картинку отдельных атомов, образующих пространственную решетку.

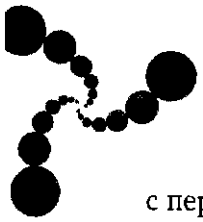
(Сканирующий туннельный микроскоп может существовать благодаря одному странному закону квантовой физики. Обычно электроны не обладают достаточной энергией, чтобы пройти с кончика щупа к подложке через слой вещества.

Но существует — согласно принципу неопределенности — небольшая вероятность того, что электроны «туннелируют», т. е. проникнут через барьер, хотя это и противоречит ньютоновской теории. Именно поэтому ток, проходящий через материал, так чувствителен к тонким квантовым эффектам в нем. Позже я остановлюсь на следствиях квантовой теории более подробно.)

Кроме того, щуп микроскопа достаточно чувствителен, чтобы передвигать отдельные атомы и сооружать из них простейшие «машины». В настоящий момент эта технология настолько развита, что можно видеть группу атомов на экране компьютера и простым движением курсора передвигать отдельные атомы произвольным образом. Можно манипулировать десятками атомов так же легко, как кирпичиками конструктора «Лего». Можно не только выкладывать из атомов буквы, но и создавать игрушки, такие как, например, счеты, где костяшки собраны из единичных атомов. Для этого атомы раскладывают на поверхности, снабженной вертикальными пазами. В пазы вставляют сферические фуллерены («футбольные мячики», составленные из отдельных атомов углерода). Эти углеродные шарики и служат костяшками атомных счетов, двигаясь вверх и вниз по своим пазам.

Можно также вырезать атомные устройства при помощи электронных лучей. К примеру, ученые из Корнеллского университета вырезали из кристаллического кремния самую маленькую в мире гитару, размер которой в 20 раз меньше толщины человеческого волоса. Гитара имеет шесть струн толщиной в сотню атомов каждая, которые можно дергать при помощи атомного силового микроскопа. (При этом гитара действительно будет играть музыку, но частоты, которые она производит, находятся далеко за пределами слышимости человеческого уха.)

В настоящее время практически все «наномашины» представляют собой всего лишь игрушки. Более сложные машины



с передачами и подшипниками еще только предстоит создать. Но многие инженеры уверены, что время реальных атомных машин уже на подходе. (В природе такие машины существуют. Одноклеточные организмы способны свободно плавать в воде благодаря движениям крохотных волосков. Но если рассмотреть внимательно соединение между волоском и клеткой, становится понятно, что именно атомная машина позволяет волоску произвольно двигаться во всех направлениях. Поэтому один из путей развития нанотехнологий — это копирование природы, которая освоила производство атомных машин миллиарды лет назад.)

Голограммы и невидимость

Еще один способ сделать человека отчасти невидимым — это сфотографировать вид позади него и затем спроектировать это изображение непосредственно на одежду человека или на некий экран перед ним. Если посмотреть спереди, то покажется, что человек стал прозрачным и свет каким-то образом проходит сквозь его тело.

Этим процессом, известным под названием «оптической маскировки», серьезно занимался, в частности, Наоки Каваками из Лаборатории Тати Токийского университета. Он говорит: «Эту технологию можно было бы использовать, чтобы помочь пилотам увидеть посадочную полосу сквозь пол кабины или водителям осмотреться как следует вокруг при парковке автомобиля». «Плащ» Каваками покрыт крошечными светоотражающими бусинками, работающими подобно киноэкрану. То, что происходит сзади, снимается на видеокамеру. Затем это изображение поступает в видеопроектор, который, в свою очередь, проецирует его на плащ спереди. Создается впечатление, что свет пронизывает человека насквозь.

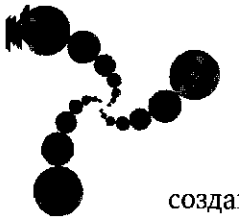
Прототипы плащей с системой оптической маскировки уже созданы в лаборатории. Если посмотреть точно спереди

на человека в таком плаще, кажется, что он исчезает, потому что видите вы при этом только изображение того, что происходит позади. Но если вы, а вместе с вами и ваши глаза, немного сдвинетесь, а изображение на плаще при этом останется прежним, станет понятно, что это всего лишь обман. В системе более реалистичной оптической маскировки необходимо будет создавать иллюзию трехмерного изображения. Для этого потребуются голограммы.

Голограмма — это трехмерное изображение, созданное лазерами (вспомните трехмерное изображение принцессы Леи в «Звездных войнах»). Можно сделать человека невидимым, если сфотографировать фон за ним при помощи специальной голографической камеры и воссоздать его затем на специальном голографическом экране перед ним. Наблюдатель увидит перед собой голографический экран с изображением всего, что на самом деле находится впереди, за исключением человека. Выглядеть будет так, как будто человек просто пропал. На его месте окажется точное трехмерное изображение фона. Даже сдвинувшись с места, вы не сможете понять, что перед вами подделка.

Создание таких трехмерных изображений возможно благодаря «когерентности» лазерного света, т. е. тому факту, что электромагнитные колебания в нем происходят строго в унисон. Чтобы построить голограмму, когерентный лазерный луч расщепляют на две части. Одну половину направляют на фотопленку, другую — на эту же фотопленку, но уже после отражения от объекта. При интерференции двух половинок луча на пленке возникает интерференционная картина, которая содержит всю информацию об исходном трехмерном луче. Пленка после проявления выглядит не слишком многообещающе — на ней видна только паутина непонятных линий и завитков. Но если пропустить через эту пленку лазерный луч, в воздухе, словно по волшебству, возникает точная трехмерная копия объекта.

Тем не менее голографическая невидимость ставит перед исследователями очень серьезные проблемы. Одна из них —



создание голографической камеры, способной делать по крайней мере 30 снимков в секунду. Еще одна — хранение и обработка всей этой информации. Наконец, необходимо будет проецировать изображение на экран так, чтобы оно выглядело реалистично.

Невидимость через четвертое измерение

Следует упомянуть еще один, куда более хитрый способ становиться невидимым, изложенный Гербертом Уэллсом в романе «Человек-невидимка». Этот способ предусматривает использование возможностей четвертого измерения. (Позже в этой книге я подробнее расскажу о возможном существовании высших измерений.) Может ли человек покинуть нашу трехмерную вселенную и парить над ней в четвертом измерении, наблюдая за происходящим со стороны? Подобно трехмерной бабочке, порхающей над двумерным листом бумаги, такой человек был бы невидим для любого обитателя вселенной внизу. Единственная проблема состоит в том, что существование высших измерений до сих пор не доказано. Более того, гипотетическое путешествие в одно из таких измерений потребовало бы намного больше энергии, чем имеется в нашем распоряжении в настоящий момент, при текущем уровне развития техники. Если говорить о реальных способах достижения невидимости, то этот метод, очевидно, лежит далеко за пределами наших сегодняшних знаний и возможностей.

Учитывая громадные успехи, достигнутые уже на пути к невидимости, мы, я думаю, можем смело классифицировать ее как невозможность I класса. Невидимость того или иного рода может стать обыденной уже в ближайшие несколько десятилетий, в крайнем случае к концу столетия.

3. ФАЗЕРЫ И ЗВЕЗДЫ СМЕРТИ

У радио нет будущего. Летательные аппараты тяжелее воздуха невозможны. Скоро выяснится, что рентгеновские лучи – мистификация.

Лорд Кельвин, физик, 1899 г.

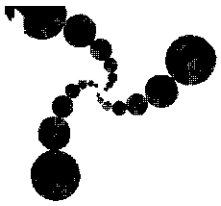
Эта [атомная] бомба никогда не взорвется. Я говорю это как специалист по взрывчатым веществам.

Адмирал Уильям Лихи

Четыре... три... два... один... огонь!

Звезда смерти — это колоссальное оружие размером с хорошую луну. Выстрелив в упор в беззащитную планету Альдераан, родину принцессы Леи, Звезда смерти полностью уничтожает ее. Планета исчезает в пламени титанического взрыва, разбрасывая обломки по всей Солнечной системе. Миллиард душ одновременно вскрикивает в муке, вызывая тем самым возмущение Силы, которое чувствуется в любом месте галактики.

Но возможно ли в действительности оружие, подобное Звезде смерти из киноэпопеи «Звездные войны»? Можно ли так организовать и направить батарею лазерных пушек, чтобы в результате испарилась целая планета? А как насчет знаменитых световых мечей, которыми обладали Люк Скайуокер и Дарт Вейдер, представляющих собой луч света, но способных без труда разрубить бронированную сталь? Станут ли лучевые ружья, как фазеры в сериале «Звездный путь», подходящим оружием для будущих поколений сотрудников правопорядка и солдат?



Новые, оригинальные и поражающие воображение спецэффекты «Звездных войн» произвели неотразимое впечатление на миллионы зрителей, но у критиков сложилось иное мнение. Некоторые из них утверждали, что да, конечно, создатели фильма искренне старались развлечь зрителя, но на самом-то деле подобные вещи совершенно невозможны. Критики не уставали повторять как заклинание: лучевые пушки размером с луну, способные разнести на мелкие кусочки целую планету, — это нечто неслыханное; невозможны и мечи из внезапно затвердевающего светового луча. Все это слишком даже для далекой-далекой галактики. На этот раз Джорджа Лукаса, признанного мастера спецэффектов, немного занесло.

Возможно, в это трудно поверить, но в световой луч можно «запихнуть» неограниченное количество энергии; здесь нет никаких физических ограничений. Создание Звезды смерти или светового меча не противоречит ни одному закону физики. Более того, пучки гамма-излучения, способные взорвать планету, реально существуют в природе. Титанический всплеск излучения, порождаемый далеким таинственным источником гамма-всплесков, способен устроить в глубоком космосе взрыв, уступающий по мощности только самому Большому взрыву. Любая планета, которую угораздит оказаться в прицеле такой «пушки», действительно будет поджарена или разорвана на куски.

Лучевое оружие в истории

Мечта обуздать энергию *излучения на самом деле совсем не* нова; ее корни уходят в древнюю религию и мифологию. Греческий бог Зевс знаменит тем, что стрелял в смертных молниями. Северный бог Тор владел волшебным молотом, Мьёллниром, способным метать молнии, а индуистский бог Индра выстреливал энергетическим лучом из волшебного копья.

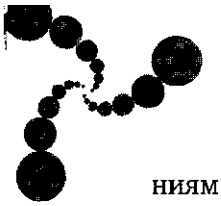
Представление о луче как реальном практическом оружии впервые появилось в работах великого греческого математика

Архимеда, возможно, величайшего ученого античности, которому удалось разработать собственный вариант примитивного дифференциального исчисления за две тысячи лет до Ньютона и Лейбница. Считается, что в легендарном сражении 214 г. до н.э. против войска римского генерала Марцелла во время Второй Пунической войны Архимед, помогая защищать Сиракузское царство, соорудил большую батарею солнечных рефлекторов, сфокусировал солнечные лучи на парусах вражеских кораблей и таким образом поджег их. (Ученые до сих пор спорят, действительно ли такое лучевое оружие могло работать; несколько групп ученых пытались, с разными результатами, воспроизвести это достижение.)

Лучевые ружья ворвались на страницы научной фантастики в 1889 г. с классическим романом Герберта Уэллса «Война миров». В этом романе пришельцы с Марса уничтожали целые города, направляя на них лучи тепловой энергии из пушек, установленных на их треножниках. Во время Второй мировой войны нацисты, всегда готовые исследовать и взять на вооружение последние достижения техники, чтобы использовать их для завоевания мира, тоже экспериментировали с различными типами лучевых пушек, в том числе с акустическими устройствами, которые при помощи параболических зеркал фокусировали мощные звуковые лучи.

Оружие, представляющее собой сфокусированный световой луч, захватило воображение публики после выхода фильма «Голдфингер» про Джеймса Бонда; это был первый голливудский фильм, где фигурировал лазер. (В нем легендарного британского шпиона привязали к металлическому столу, и мощный лазерный луч медленно приближался к нему, постепенно расплавляя стол у него между ногами и угрожая разрезать героя пополам.)

Первоначально физики только посмеялись над идеей лучевых пушек, высказанной в романе Уэллса, поскольку такие пушки нарушали известные законы оптики. Согласно уравне-



ниям Максвелла, свет, который мы видим вокруг, некогерентен (т. е. представляет собой мешанину из волн с различными частотами и фазами) и быстро рассеивается. Когда-то считалось, что когерентный, сфокусированный, однородный луч света — такой, как луч лазера, — получить невозможно.

Квантовая революция

Все изменилось после появления квантовой теории. Уже в начале XX в. стало ясно, что, хотя законы Ньютона и уравнения Максвелла весьма успешно описывают движение планет и поведение света, существует целый класс явлений, которые они объяснить не в силах. Как ни прискорбно, они ничего не говорили о том, почему материалы проводят электричество, почему металлы плавятся при определенных температурах, почему газы при нагревании излучают свет, почему некоторые вещества при низких температурах обретают сверхпроводимость. Чтобы ответить на любой из этих вопросов, необходимо понимать внутреннюю динамику атомов. Назрела революция. Ньютонова физика после 250 лет владычества ждала своего ниспровержения; одновременно крушение старого кумира должно было возвестить о начале родовых схваток новой физики.

В 1900 г. Макс Планк в Германии высказал предположение о том, что энергия не непрерывна, как считал Ньютон, но существует в виде маленьких дискретных «порций», получивших название «квантов». Затем в 1905 г. Эйнштейн постулировал, что свет тоже состоит из этих крошечных дискретных пакетов (или квантов), позже названных фотонами. При помощи этой простой, но мощной идеи Эйнштейн сумел объяснить фотоэлектрический эффект, а именно почему металлы при облучении светом испускают электроны. Сегодня фотоэлектрический эффект и фотон служат основой для телевидения, лазеров, солнечных батарей и значительной части современной

электроники. (Эйнштейнова теория фотона была настолько революционной, что даже Макс Планк, обычно горячо выступавший в поддержку Эйнштейна, поначалу не мог поверить в нее. Планк писал об Эйнштейне: «Тот факт, что иногда он промахивается... как, к примеру, получилось у него с гипотезой световых квантов, нельзя, по совести, ставить ему в вину».)

Затем в 1913 г. датский физик Нильс Бор дал нам совершенно новую картину атома; атом у Бора напоминал миниатюрную солнечную систему. Но, в отличие от настоящей Солнечной системы электроны в атоме могут двигаться вокруг ядра только в пределах дискретных орбит или оболочек. Когда электрон «перепрыгивает» с одной оболочки на другую, более близкую к ядру и обладающую меньшей энергией, он испускает фотон энергии. И наоборот, когда электрон поглощает фотон с определенной энергией, он «прыгает» выше, на оболочку, расположенную дальше от ядра и обладающую большей энергией.

В 1925 г., с появлением квантовой механики и революционных работ Эрвина Шрёдингера, Вернера Гейзенберга и многих других, родилась почти полная теория атома. Согласно квантовой теории электрон представлял собой частицу, но обладал также ассоциированной волной, что придавало ему одновременно свойства частицы и волны. Волна эта подчинялась так называемому волновому уравнению Шрёдингера, позволявшему рассчитать свойства атома, включая все постулированные Бором «прыжки» электронов.

До 1925 г. атомы считались загадочными объектами; многие, подобно философу Эрнсту Маху, вообще не верили в их существование. После 1925 г. у человека появилась возможность не только заглянуть глубоко в динамику атома, но и вполне достоверно предсказать его свойства. Как ни поразительно, это означало, что, имея под рукой достаточно мощный компьютер, можно вывести свойства химических элементов непосредственно из законов квантовой теории. Точно так же, как ньютонова физика при наличии достаточно большой вычислительной

машины позволила бы ученым рассчитать движение всех небесных тел вселенной, квантовая физика, по утверждениям ученых, давала принципиальную возможность рассчитать все без исключения свойства химических элементов Вселенной. Кроме того, имея достаточно мощный компьютер, можно было бы составить полную волновую функцию человеческого существа.

Мазеры и лазеры

В 1953 г. профессор Чарльз Таунс из Университета Калифорнии в Беркли сумел вместе с коллегами получить первый пучок когерентного излучения, а именно микроволн. Устройство назвали мазером (maser — по первым буквам слов фразы «microwave amplification through stimulated emission of radiation», т. е. «усиление микроволн через стимуляцию излучения».) Позже, в 1964 г., Таунс вместе с русскими физиками Николаем Басовым и Александром Прохоровым получил Нобелевскую премию. Вскоре результаты ученых были распространены и на видимый свет. Так родился лазер. (А вот фазер — это фантастическое устройство, получившее известность благодаря сериалу «Звездный путь».)

Основой лазера служит особая среда, которая собственно и будет передавать лазерный луч; это может быть специальный газ, кристалл или диод. Затем нужно закачать в эту среду энергию извне — при помощи электричества, радиоволн, света или химической реакции. Неожиданный приток энергии возбуждает атомы среды, заставляя электроны поглощать энергию и перепрыгивать на более высокоэнергетичные внешние электронные оболочки.

В таком возбужденном, накачанном состоянии среда становится нестабильной. Если после этого направить сквозь нее луч света, то фотоны луча, сталкиваясь с атомами, вызовут внезапное сваливание электронов на более низкие орбиты и высвобождение при этом дополнительных фотонов. Эти фотоны, в свою очередь, заставят еще большее число электронов ис-

пустить фотоны — и вскоре начнется цепная реакция «схлопывания» атомов до невозбужденного состояния с практически одновременным высвобождением громадного количества фотонов — триллионов и триллионов их — все в тот же луч. Принципиальная особенность этого процесса состоит в том, что в некоторых веществах при лавинообразном высвобождении все фотоны вибрируют в унисон, т. е. когерентны.

(Представьте себе выстроенные в ряд костяшки домино. В самом низкоэнергетическом состоянии каждая костяшка лежит плашмя на столе. В высокоэнергетическом, накачанном состоянии костяшки стоят вертикально, подобно накачанным атомам среды. Толкнув одну костяшку, вы можете вызвать внезапное одновременное высвобождение всей этой энергии, точно так же, как это происходит при рождении лазерного луча.)

В лазере способны работать лишь некоторые материалы; это означает, что только в особых веществах при столкновении фотона с возбужденным атомом излучается фотон, когерентный первому. Это свойство вещества приводит к тому, что все фотоны в рождающемся потоке вибрируют в унисон, создавая тонкий лазерный луч. (Вопреки распространенной легенде лазерный луч не вечно остается таким же тонким, как в самом начале. К примеру, лазерный луч, выпущенный в Луну, будет по дороге постепенно расширяться и даст на поверхности Луны пятно размером в несколько километров.)

Простой газовый лазер представляет собой трубку со смесью гелия и неона. Когда через трубку пропускают электричество, атомы поглощают энергию и возбуждаются. Затем, если происходит внезапное высвобождение всей запасенной газом энергии, рождается луч когерентного света. Этот луч усиливается при помощи двух зеркал, установленных в обоих концах трубки, так что луч отражается от них по очереди и мечется по трубке из стороны в сторону. Одно из зеркал совершенно непрозрачно, но другое пропускает небольшую долю падающего на него света, выпуская таким образом луч наружу.

Сегодня лазеры можно найти повсюду — и в кассовом аппарате продуктового магазинчика, и в оптико-волоконном кабеле, который обеспечивает вам доступ в Интернет, и в лазерном принтере или CD-плеере, и в современном компьютере. Лазеры используются в хирургии глаза, при удалении татуировок, и даже в косметических салонах. В 2004 г. в мире продано лазеров больше чем на 5,4 млрд долл.

Типы лазеров и их особенности

Новые лазеры сейчас открывают едва ли не каждый день; как правило, речь идет об обнаружении нового вещества, способного работать в лазере, или изобретении нового метода закачки энергии в рабочее тело.

Вопрос в том, годятся ли эти технологии для создания лучевых ружей или световых мечей? Можно ли построить лазер, достаточно большой для обеспечения энергией Звезды смерти? На сегодняшний день существует ошеломляющее разнообразие лазеров, которые можно классифицировать по материалу рабочего тела и способу закачки энергии (это может быть электричество, мощный световой луч, даже химический взрыв). Перечислим несколько типов лазеров.

- Газовые лазеры. Эта категория включает и чрезвычайно распространенные гелий-неоновые лазеры, дающие очень знакомый красный луч. Накачивают их при помощи радиоволн или электричества. Гелий-неоновые лазеры обладают небольшой мощностью. А вот газовые лазеры на углекислом газе можно использовать при подрывных работах, для резки и плавки металлов в тяжелой промышленности; они способны давать чрезвычайно мощный и совершенно невидимый луч.
- Химические лазеры. Эти мощные лазеры заряжаются от химической реакции — к примеру, горения

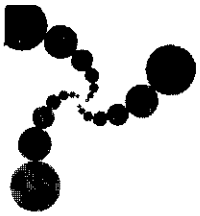
этилена и трифторида азота NF_3. Такие лазеры достаточно мощны, чтобы найти применение в военной области. В США химический принцип накачки применяется в воздушных и наземных боевых лазерах, способных давать луч мощностью в миллионы ватт и предназначенных для сбивания в полете ракет малой дальности.

• Эксимерные лазеры. Эти лазеры получают энергию также от химической реакции, в которой обычно задействованы инертный газ (т. е. аргон, криптон или ксенон) и какой-нибудь фторид или хлорид. Они дают ультрафиолетовый свет и могут использоваться в электронной промышленности для вытравливания крохотных транзисторов на полупроводниковых чипах, а также в хирургии глаза для проведения тончайших операций по технологии Lasik.

• Твердотельные лазеры. Первый в мире работающий лазер был изготовлен из кристалла рубина (сапфир с примесью хрома, придающей кристаллу розовую окраску). Многие кристаллы при легировании их иттрием, гольмием, тулием и другими химическими элементами способны создавать лазерный луч. Твердотельные лазеры могут давать высокоэнергетические ультракороткие вспышки.

• Полупроводниковые лазеры. Диоды, которые мы так широко используем во всевозможных электронных устройствах, могут давать мощные лазерные лучи, которые используются в промышленности для резки и сварки. Эти же полупроводниковые лазеры работают и в кассовых аппаратах, считывая штрихкоды с выбранных вами товаров.

• Лазеры на красителях. В этих лазерах в качестве рабочего тела используются органические красители. Они исключительно полезны в получении ультра-



коротких импульсов света, которые часто имеют длительность порядка одной триллионной доли секунды.

Лазеры и лучевые ружья?

Принимая во внимание огромное разнообразие коммерческих лазеров и мощь лазеров военных, трудно не задаться вопросом: почему у нас нет лучевых ружей и пушек, пригодных к использованию на поле боя? В фантастических фильмах лучевые ружья и пистолеты того или иного сорта, как правило, являются самым распространенным и привычным оружием. Почему мы не работаем над созданием такого оружия?

Простой ответ на этот вопрос заключается в отсутствии у нас портативных источников энергии достаточной мощности. Это не пустяк. Для лучевого оружия потребовались бы миниатюрные батареи размером с ладонь, но соответствующие при этом по мощности громадной электростанции. В настоящее время единственный способ получить в пользование мощность крупной электростанции — построить таковую. А самый маленький военный прибор, способный служить вместилищем для подобных энергий, — миниатюрная водородная бомба, которая, к несчастью, может уничтожить не только цель, но и вас самих.

Существует и вторая проблема — стабильность излучающего вещества, или рабочего тела. Теоретически количество энергии, которое можно закачать в лазер, ничем не ограничено. Но проблема в том, что рабочее тело ручного лазерного пистолета оказалось бы нестабильным. Кристаллические лазеры, к примеру, перегреваются и трескаются, если закачать в них слишком много энергии. Следовательно, для создания чрезвычайно мощного лазера — такого, что способен был бы испарить предмет или нейтрализовать противника, — потребуется, возможно, использовать энергию взрыва. В этом случае, естественно, о стабильности рабочего тела можно уже не думать, ведь наш лазер будет одноразовым.

Проблемы с созданием портативных источников энергии и стабильных излучающих материалов делают существование лучевых ружей невозможным при нынешнем уровне техники. Вообще, лучевую пушку создать можно, только если подвести к ней кабель от источника энергии. Возможно, с применением нанотехнологий мы сможем когда-нибудь создать миниатюрные батареи, способные хранить или генерировать энергию, которой хватило бы для создания мощных всплесков — необходимого атрибута ручного лазерного оружия. В настоящее время, как мы уже убедились, нанотехнологии пребывают в зачаточном состоянии. Да, ученым удалось создать на атомном уровне кое-какие устройства — очень остроумные, но совершенно непрактичные, такие как атомные счеты или атомная гитара. Но вполне может так случиться, что еще в этом или, скажем, в следующем веке нанотехнологии действительно дадут нам миниатюрные батареи для хранения сказочного количества энергии.

Со световыми мечами та же проблема. После выхода в 1970 г. фильма «Звездные войны» игрушечные световые мечи мгновенно обрели немыслимую популярность среди мальчишек. Многие критики сочли своим долгом указать, что в реальности такие устройства невозможны. Во-первых, свет невозможно сделать твердым. Свет движется со скоростью света, поэтому отвердить его невозможно. Во-вторых, луч света не может резко обрываться в пространстве, как это делают световые мечи в «Звездных войнах». Луч света невозможно остановить, он вечно находится в движении; реальный световой меч уходил бы далеко в небо.

На самом деле существует способ изготовить своего рода световой меч из плазмы, или перегретого ионизированного газа. Если плазму разогреть в достаточной степени, она будет светиться в темноте и резать сталь, кстати говоря, тоже. Плазменный световой меч мог бы представлять собой тонкую телескопическую трубку, которая выдвигается из рукоятки.

В трубку из рукоятки выпускается горячая плазма, которая затем выходит наружу через маленькие отверстия по всей длине «клинка». Плазма, поднимаясь из рукоятки вдоль клинка и выходя наружу, образует длинный светящийся цилиндр перегретого газа, достаточно горячего, чтобы плавить сталь. Такое устройство иногда называют плазменным факелом.

Таким образом, мы можем создать высокоэнергетическое устройство, напоминающее световой меч. Но здесь, как и в ситуации с лучевыми ружьями, придется сначала обзавестись мощной портативной батареей. Так что или вы при помощи нанотехнологий создадите миниатюрную батарею, способную снабжать ваш световой меч громадным количеством энергии, или вам придется соединить его с источником энергии при помощи длинного кабеля.

Итак, хотя лучевые ружья и световые мечи можно в какой-то форме создать и сегодня, ручное оружие, которое мы видим в научно-фантастических фильмах, при современном уровне техники невозможно. Но позже в этом веке или, может быть, в следующем развитие науки о материалах и нанотехнологий вполне может привести к созданию того или иного вида лучевого оружия, что позволяет нам определить его как невозможность I класса.

Энергия для Звезды смерти

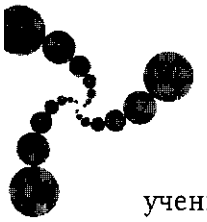
Чтобы построить Звезду смерти — лазерную пушку, способную уничтожить целую планету и навести ужас на галактику, как показано в «Звездных войнах», необходимо создать самый мощный лазер, какой только можно представить. В настоящее время самые мощные, наверное, на Земле лазеры используются для получения температур, которые в природе можно обнаружить только в ядрах звезд. Возможно, эти лазеры и основанные на них реакторы *синтеза* когда-нибудь помогут нам на Земле обуздать звездную энергию.

В реакторах синтеза ученые пытаются воспроизвести процессы, которые происходят в космосе при формировании звезды. Поначалу звезда возникает как громадный шар неоформленного водорода. Затем гравитационные силы сжимают газ и тем самым разогревают его; постепенно температура внутри достигает астрономических значений. К примеру, глубоко в сердце звезды температура может вырасти до 50–100 млн градусов. Там достаточно жарко, чтобы ядра водорода начали слипаться друг с другом; при этом возникают ядра гелия и выделяется энергия. В процессе синтеза гелия из водорода небольшая часть массы превращается в энергию согласно знаменитой формуле Эйнштейна $E = mc^2$. Это и есть источник, из которого звезда черпает свою энергию.

В настоящее время ученые пытаются обуздать энергию ядерного синтеза двумя путями. Оба пути оказались куда более сложными для реализации, чем представлялось ранее.

Инерционное удержание для лазерного термоядерного синтеза

Первый метод основан на так называемом инерционном удержании. При помощи самых мощных на Земле лазеров в лаборатории искусственно создается кусочек солнца. Твердотельный лазер на неодимовом стекле идеально подходит для воспроизведения высочайших температур, которые можно обнаружить только в ядрах звезд. В эксперименте используются лазерные системы размером с хороший завод; целая батарея лазеров, входящих в такую систему, выстреливает в длинный туннель серию параллельных лучей. Затем эти мощные лазерные лучи отражаются от системы небольших зеркал, установленных вокруг сферического объема. Зеркала точно фокусируют все лазерные лучи, направляя их на крошечный шарик из богатого водородом вещества (такого, как дейтерид лития, активное вещество водородной бомбы). Обычно



ученые используют шарик размером с булавочную головку и весом всего около 10 мг.

Лазерная вспышка мгновенно разогревает поверхность шарика, вызывая испарение верхнего слоя вещества и резкое сжатие шарика. Он «схлопывается», и возникающая при этом ударная волна доходит до самого его центра и заставляет температуру внутри шарика подскочить до миллионов градусов — уровня, необходимого для слияния ядер водорода с образованием ядер гелия. Температура и давление достигают таких астрономических значений, что выполняется критерий Лоусона, тот самый, который выполняется также в ядрах звезд и при взрывах водородных бомб. (Критерий Лоусона утверждает, что для запуска термоядерной реакции синтеза в водородной бомбе, в звезде или в реакторе должны быть достигнуты определенные уровни температуры, плотности и времени удержания.)

В процессе термоядерного синтеза с инерционным удержанием высвобождается громадное количество энергии, в том числе в виде нейтронов. (Температура дейтерида лития может достигать 100 млн градусов по шкале Цельсия, а плотность — двадцатикратной плотности свинца.) Происходит всплеск нейтронного излучения от шарика. Нейтроны попадают в сферическое «одеяло» из вещества, окружающее камеру реактора, и нагревают его. Затем полученное тепло используется для кипячения воды, а пар уже можно использовать для вращения турбины и получения электричества.

Проблема, однако, состоит в том, чтобы сфокусировать высокоэнергетические лучи и равномерно распределить их излучение по поверхности крошечного шарика. Первой серьезной попыткой лазерного термоядерного синтеза стала «Шива» — двадцатилучевая лазерная система, построенная в Ливерморской национальной лаборатории имени Лоуренса (LLNL) и запущенная в 1978 г. (Шива — многорукая богиня индуистского пантеона, которую напоминает многолучевая лазерная система.) Результаты работы лазерной системы «Шива» оказа-

лись обескураживающими; тем не менее с ее помощью удалось доказать, что лазерный термоядерный синтез технически возможен. Позже на смену «Шиве» пришел лазер «Нова», десятикратно превосходивший «Шиву» по мощности. Но и «Нова» оказалась не в состоянии обеспечить водородному шарику должное зажигание. Как бы то ни было, обе эти системы проложили путь к намеченным исследованиям на новой установке National Ignition Facility (NIF), сооружение которой началось в LLNL в 1997 г.

Предполагается, что работа NIF начнется в 2009 г. Эта чудовищная машина представляет собой батарею из 192 лазеров, которые выдают в коротком импульсе громадную мощность 700 трлн ватт (суммарный выход примерно 70 0000 крупных атомных энергоблоков). Это новейшая лазерная система, разработанная специально для полного термоядерного сжигания насыщенных водородом шариков. (Критики указывают также на ее очевидное военное значение — ведь такая система способна имитировать процесс детонации водородной бомбы; возможно, она позволит создать ядерное оружие нового типа — бомбу, основанную исключительно на процессе синтеза, для детонации которой уже не нужен урановый или плутониевый атомный заряд.)

Но даже система NIF, предназначенная для обеспечения процесса термоядерного синтеза и имеющая в своем составе самые мощные на Земле лазеры, не может хотя бы отдаленно сравниться по мощи с разрушительной силой Звезды смерти, известной нам по «Звездным войнам». Для создания подобного устройства нам придется поискать другие источники энергии.

Магнитное удержание для термоядерного синтеза

Второй метод, который в принципе могли бы использовать ученые для обеспечения Звезды смерти энергией, известен как магнитное удержание — процесс, при котором горячая водородная плазма удерживается на месте при помощи магнитного поля.

Именно этот метод, вполне возможно, послужит прототипом для первых коммерческих термоядерных реакторов. В настоящее время самый продвинутый проект этого типа — Международный термоядерный экспериментальный реактор (ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor). В 2006 г. несколько стран (в том числе Европейский союз, Соединенные Штаты, Китай, Япония, Корея, Россия и Индия) решили построить такой реактор в Кадараше на юге Франции. В нем водород должен разогреваться до 100 млн градусов по Цельсию. Не исключено, что ITER станет первым термоядерным реактором в истории, которому удастся произвести энергии больше, чем потребить. Он рассчитан на производство 500 МВт мощности в течение 500 с (текущий рекорд составляет 16 МВт мощности в течение одной секунды). Планируется, что первая плазма будет получена в ITER к 2016 г., а полностью установка вступит в строй в 2022 г. Проект стоит 12 млрд долл. и является третьим по стоимости научным проектом в истории (после Манхэттенского проекта и Международной космической станции).

С виду установка ITER похожа на большой бублик, оплетенный снаружи громадными кольцами электрической обмотки; внутри бублика циркулирует водород. Обмотку охлаждают до состояния сверхпроводимости, а затем закачивают в нее гигантское количество электроэнергии, создавая магнитное поле, которое и удерживает плазму внутри бублика. Когда же электрический ток пропускают непосредственно через бублик, газ внутри его нагревается до звездных температур.

Причина, по которой ученые так заинтересованы в проекте ITER, проста: в перспективе он обещает создание дешевых источников энергии. Топливом для термоядерных реакторов служит обычная морская вода, богатая водородом. Получается, по крайней мере на бумаге, что термоядерный синтез может обеспечить нас дешевым и неистощимым источником энергии.

Так почему же у нас до сих пор нет реакторов термоядерного синтеза? Почему уже несколько десятилетий — с того мо-

мента, как в 1950-х гг. была разработана схема процесса — мы не можем добиться реальных результатов? Проблема в том, что равномерно сжать водородное топливо невероятно трудно. В ядрах звезд гравитация заставляет водород принимать идеальную сферическую форму, в результате чего газ прогревается чисто и равномерно.

Лазерный термоядерный синтез в установке NIF требует, чтобы лучи лазеров, воспламеняющие поверхность водородного шарика, были совершенно одинаковыми, а добиться этого чрезвычайно трудно. В установках с магнитным удержанием большую роль приобретает тот факт, что магнитное поле имеет северный и южный полюса; в результате равномерно сжать газ в правильную сферу чрезвычайно трудно.

Лучшее, что мы способны создать, — это магнитное поле в форме бублика. Но процесс сжатия газа напоминает сжимание в руках воздушного шарика. Каждый раз, когда вы сжимаете шарик с одного конца, воздух выпячивает его в другом месте. Сжимать шарик одновременно и равномерно во всех направлениях — непростая задача. Горячий газ, как правило, утекает из магнитной бутылки; рано или поздно он достигает стен реактора, и процесс термоядерного синтеза прекращается. Именно поэтому так трудно сжать водород в достаточной степени и удерживать его сжатым даже в течение секунды.

В отличие от современных атомных станций, где происходит расщепление атомов, реактор термоядерного синтеза не будет давать большого количества ядерных отходов. (Каждый из традиционных атомных энергоблоков производит в год 30 т чрезвычайно опасных ядерных отходов. В противовес этому ядерные отходы термоядерного реактора по большей части будут представлять собой радиоактивную сталь, которая останется после его разборки.)

Не стоит надеяться, что в ближайшее время термоядерный синтез полностью решит энергетические проблемы Земли. Француз Пьер-Жилль де Женн, нобелевский лауреат в области

физики, говорит: «Мы говорим, что положим Солнце в ящик. Красивая идея. Проблема в том, что мы не знаем, как сделать этот ящик». Но исследователи надеются, что, если все пойдет хорошо, лет через сорок ITER поможет ученым проложить путь к коммерческому производству термоядерной энергии — энергии, которая однажды может стать источником электричества для наших домов. Когда-нибудь, возможно, термоядерные реакторы позволят нам на Земле безопасно пользоваться звездной энергией и смягчат тем самым наши энергетические проблемы.

Но даже термоядерные реакторы с магнитным удержанием не смогут обеспечить энергией оружие, подобное Звезде смерти. Для этого потребуются совершенно новые разработки.

Рентгеновские лазеры с ядерной накачкой

Существует еще одна возможность построить лазерную пушку Звезды смерти на основании сегодняшних технологий — при помощи водородной бомбы. Батарея рентгеновских лазеров, обуздывающих и фокусирующих мощь ядерного оружия, могла бы в теории дать достаточно энергии для работы устройства, способного взорвать целую планету.

Ядерные реакции высвобождают примерно в 100 млн раз больше энергии на единицу массы, чем химические. Куска обогащенного урана размером не больше теннисного мяча хватило бы, чтобы спалить в огненном вихре целый город, несмотря на то что в энергию превращается всего 1% массы урана. Как мы уже говорили, существует множество способов закачки энергии в рабочее тело лазера, а значит, и в лазерный луч. Самый мощный из этих способов — гораздо более мощный, чем все остальные, — заключается в использовании энергии взрыва ядерной бомбы.

Рентгеновские лазеры имеют громадное значение, как военное, так и научное. Очень маленькая длина волны рентгеновского излучения позволяет использовать такие лазеры для

зондирования на атомных расстояниях и дешифровки атомной структуры сложных молекул, что чрезвычайно сложно делать обычными методами. Возможность «видеть» атомы в движении и различать их расположение внутри молекулы заставляет совершенно по-новому взглянуть на химические реакции.

Водородная бомба испускает громадное количество энергии в виде рентгеновского излучения, поэтому рентгеновские лазеры можно накачивать энергией ядерного взрыва. В науке с рентгеновскими лазерами теснее всего связан Эдвард Теллер, «отец» водородной бомбы.

Между прочим, именно Теллер в 1950-е гг. свидетельствовал перед конгрессом, что Роберту Оппенгеймеру, возглавлявшему до этого Манхэттенский проект, нельзя доверить дальнейшую работу над водородной бомбой из-за его политических взглядов. Показания Теллера привели к тому, что Оппенгеймер был опорочен и лишен допуска к секретным материалам; многие видные физики так и не смогли простить этого Теллеру.

(Мои собственные контакты с Теллером начались еще в старших классах школы. Я тогда провел серию экспериментов по природе антиматерии, выиграл главный приз на научной ярмарке в Сан-Франциско и поездку на Национальную научную ярмарку в Альбукерке, штат Нью-Мексико. Вместе с Теллером, который всегда уделял внимание талантливым молодым физикам, я принял участие в передаче местного телевидения. Позже я получил от Теллера инженерную стипендию имени Герца, которая помогла мне оплатить обучение в Гарварде. Несколько раз в год я ездил к Теллеру домой, в Беркли, и там довольно близко познакомился с его семьей.)

Принципиально рентгеновский лазер Теллера представляет собой небольшую ядерную бомбу, окруженную медными стержнями. Взрыв ядерного боеприпаса порождает сферическую взрывную волну интенсивного рентгеновского излучения. Эти лучи высокой энергии проходят через медные стержни, которые играют роль рабочего тела лазера и фокусируют

энергию рентгеновского излучения в мощные пучки. Полученные рентгеновские лучи можно затем направить на вражеские боеголовки. Конечно, такое устройство можно использовать только один раз, поскольку ядерный взрыв приведет к саморазрушению рентгеновского лазера.

Первое испытание рентгеновского лазера, получившее название «тест Кабра» (Cabra), было проведено в 1983 г. В подземной шахте была взорвана водородная бомба, а затем беспорядочный поток рентгеновского излучения от нее был сфокусирован и превращен в когерентный рентгеновский лазерный пучок. Первоначально испытания были признаны успешными; фактически именно этот успех в 1983 г. вдохновил президента Рейгана на историческое заявление о намерении построить оборонительный щит из «Звездных войн». Так была запущена многомиллиардная программа строительства сети устройств, подобных рентгеновским лазерам с ядерной накачкой, для сбивания вражеских межконтинентальных баллистических ракет. Работы по этой программе продолжаются и сегодня. (Позже выяснилось, что датчик, предназначенный для регистрации и измерения излучения во время исторического испытания, был разрушен; таким образом, его показаниям доверять было нельзя.)

Можно ли на самом деле сбивать боеголовки баллистических ракет при помощи такого нетривиального устройства? Не исключено. Но не следует забывать, что неприятель может придумать множество простых и недорогих способов нейтрализации подобного оружия (так, можно было бы обмануть радар, выпустив миллионы дешевых ложных целей; или придать боеголовке вращение, чтобы рассеять таким образом рентгеновское излучение; или придумать химическое покрытие, которое защитило бы боеголовку от рентгеновского луча). В конце концов, противник мог бы просто наладить массовое производство боеголовок, которые пробили бы щит «Звездных войн» просто за счет своего количества.

Поэтому рентгеновские лазеры с ядерной накачкой на данный момент не в состоянии защитить от ракетного нападения. Но можно ли создать на их основе Звезду смерти, способную уничтожить целую планету или стать действенным средством защиты от приближающегося астероида?

Физика Звезды смерти

Можно ли создать оружие, способное уничтожить целую планету, как в «Звездных войнах»? В теории ответ прост: да. Причем несколькими путями.

Для энергии, высвобождаемой при взрыве водородной бомбы, нет никаких физических ограничений. Вот как это происходит. (Подробное описание водородной бомбы даже сегодня правительство США относит к высшей категории секретности, но в общих чертах ее устройство достаточно хорошо известно.) Водородная бомба изготавливается в несколько этапов. Объединив нужное количество этапов в надлежащей последовательности, можно получить ядерную бомбу почти любой наперед заданной мощности.

Первый этап — стандартная бомба на реакции деления, или атомная бомба; в ней энергия урана-235 используется для генерации всплеска рентгеновского излучения, как это произошло в Хиросиме. За долю секунды до того, как взрыв атомной бомбы разнесет все в клочья, появляется расширяющаяся сфера мощного рентгеновского импульса. Это излучение обгоняет собственно взрыв (так как движется со скоростью света); его успевают сфокусировать заново и направить на контейнер с дейтеридом лития — активным веществом водородной бомбы. (Как именно это делается — все еще государственная тайна.) Рентгеновское излучение падает на дейтерид лития, заставляет его мгновенно сжаться и разогревает до миллионов градусов, вызывая тем самым второй взрыв, гораздо мощнее первого. Всплеск рентгеновского излучения,

возникающий при этом втором взрыве, можно затем перефокусировать на вторую порцию дейтерида лития и вызвать третий взрыв. Вот принцип, в соответствии с которым можно *поместить рядом множество контейнеров с дейтеридом лития* и получить водородную бомбу невообразимой мощности. Так, самой мощной бомбой в истории человечества была двухступенчатая водородная бомба, которую взорвал в 1961 г. Советский Союз. Тогда произошел взрыв мощностью 50 млн т в тротиловом эквиваленте, хотя теоретически эта бомба способна была дать мощность более чем в 100 мегатонн тротила (что примерно в 5000 раз больше мощности бомбы, сброшенной на Хиросиму).

Однако для воспламенения целой планеты нужны совсем другие мощности. Для этого Звезде смерти пришлось бы запустить в космос тысячи таких рентгеновских лазеров, которые затем должны были бы выстрелить одновременно. (Для сравнения скажем, что в разгар холодной войны Соединенные Штаты и Советский Союз накопили примерно по 30 000 ядерных бомб.) Суммарной энергии такого громадного числа рентгеновских лазеров хватило бы, чтобы воспламенить поверхность планеты. Поэтому Галактическая империя будущего, отстоящая от нас на сотни тысяч лет, смогла бы, разумеется, создать такое оружие.

Для высокоразвитой цивилизации есть и другой путь: создать Звезду смерти, которая бы использовала энергию космического источника гамма-всплесков. От такой Звезды смерти исходила бы вспышка излучения, по мощности уступающая только Большому взрыву. Источники гамма-всплесков — это природное явление, они существуют в космосе; тем не менее вполне представимо, что когда-нибудь развитая цивилизация сможет обуздать их громадную энергию. Не исключено, что если взять под контроль вращение звезды задолго до ее коллапса и рождения гиперновой, то можно будет направить «выстрел» источника гамма-всплесков в любую точку пространства.

Источники гамма-всплесков

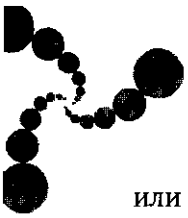
Космические источники гамма-всплесков были впервые замечены в 1970-х гг. на запущенных американскими военными спутниках «Вела» (Vela), предназначенных для обнаружения «лишних вспышек» — свидетельств незаконного взрыва ядерной бомбы. Но вместо вспышек на поверхности Земли спутники зарегистрировали гигантские всплески излучения из космоса. Первоначально неожиданное открытие вызвало в Пентагоне настоящую панику: неужели Советы испытывают новое ядерное оружие в дальнем космосе? Позже было установлено, что всплески поступают равномерно со всех направлений небесной сферы; это означало, что на самом деле они приходят в галактику Млечный Путь извне[1]. Но, если предположить действительно внегалактическое происхождение всплесков, то мощность их получится поистине астрономической — ведь они способны «осветить» всю видимую вселенную.

После развала Советского Союза в 1990 г. Пентагон неожиданно рассекретил громадное количество астрономических данных[2]. Астрономы были поражены. Они внезапно поняли, что перед ними новое загадочное явление из тех, что заставляют время от времени переписывать учебники и справочники.

Продолжительность гамма-всплесков невелика и составляет от нескольких секунд до нескольких минут, поэтому для их обнаружения и анализа необходима тщательно организованная система датчиков. Сначала спутники регистрируют всплеск гамма-излучения и посылают на Землю точные координаты источника. Полученные координаты передаются на оптические

[1] Точнее — что гамма-всплески не связаны со структурой нашей Галактики и поэтому происходят либо сравнительно близко от нас, либо чрезвычайно далеко. Доказательство того, что источники гамма-всплесков удалены от нас на миллиарды световых лет, было получено только в 1997 г. — *Прим. пер.*

[2] Советский Союз распался в 1991 г., а первая публикация по гамма-всплескам появилась в 1973 г. и описывала 16 таких явлений, наблюдавшихся в период с июля 1969 г. по июль 1972 г. — *Прим. пер.*



или радиотелескопы, которые, в свою очередь, наводятся на указанную точку небесной сферы.

Хотя в настоящий момент о гамма-всплесках известно далеко не все, одна из теорий их происхождения гласит, что источники гамма-всплесков — «гиперновые» необычайной силы, оставляющие после себя массивные черные дыры. В этом случае получается, что источники гамма-всплесков — чудовищные черные дыры в стадии формирования.

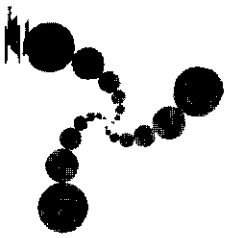
Но черные дыры испускают два джета, два потока излучения, из южного полюса и из северного, как у вращающегося волчка. Излучение гамма-всплеска, который мы регистрируем, принадлежит, очевидно, одному из этих потоков — тому, который оказался направлен в сторону Земли. Если бы поток гамма-излучения от такого источника оказался бы направлен точно на Землю, а сам источник находился бы в нашей галактической окрестности (на расстоянии нескольких сотен световых лет от Земли), его мощности хватило бы, чтобы полностью уничтожить жизнь на нашей планете.

Сначала электромагнитный импульс, созданный рентгеновским излучением от источника гамма-всплесков, вывел бы из строя все электронное оборудование на Земле. Мощный луч рентгеновского и гамма-излучения нанес бы земной атмосфере непоправимый вред, уничтожив защитный озоновый слой. Затем поток гамма-излучения разогрел бы поверхность Земли, вызвав чудовищные огненные бури, которые со временем охватили бы всю планету. Может быть, источник гамма-всплесков и не взорвал бы планету, как показано в фильме «Звездные войны», но наверняка уничтожил бы на ней все живое, оставив после себя обугленную пустыню.

Можно предположить, что цивилизация, опередившая нас в развитии на сотни миллионов лет, научится направлять подобные черные дыры на желаемую цель. Этого можно добиться, если научиться управлять движением планет и нейтронных звезд и направлять их в умирающую звезду под точно рассчи-

танным углом непосредственно перед коллапсом. Относительно небольших усилий будет достаточно, чтобы отклонить ось вращения звезды и нацелить ее в нужном направлении. Тогда умирающая звезда превратится в самую большую лучевую пушку, какую только можно представить.

Подведем итог. Использование мощных лазеров для создания портативного или ручного лучевого оружия и световых мечей следует отнести к I классу невозможности — по всей видимости, это станет возможным в недалеком будущем или, скажем, в ближайшие сто лет. Но чрезвычайно сложная задача нацеливания вращающейся звезды перед взрывом и превращением ее в черную дыру, т. е. преобразование ее в Звезду смерти, должна рассматриваться как невозможность II класса — нечто, что не противоречит явно законам физики (ведь источники гамма-всплесков существуют в реальности), но может быть реализовано только далеко в будущем, через тысячи или даже миллионы лет.



4. ТЕЛЕПОРТАЦИЯ

Прекрасно, что мы встретились с парадоксом. Теперь можно надеяться на продвижение вперед.

Нильс Бор

Капитан, я же не могу менять законы физики!

Скотти, главный инженер в сериале «Звездный путь»

Телепортация, или способность мгновенно перемещать людей и предметы из одного места в другое, — это умение, которое может изменить направление развития цивилизации и повлиять на судьбы стран и народов. Так, телепортация раз и навсегда изменила бы принципы и правила ведения войны: владея этим искусством, военачальники могли бы мгновенно закидывать войска в тыл противника или просто телепортировать вражеское руководство в удобное место и захватить его. Транспортная система сегодняшнего дня — автомобили, корабли, самолеты и железные дороги вместе с обслуживающими их многочисленными отраслями промышленности — сразу устарели бы; мы могли бы просто телепортироваться из дома на работу и мгновенно перекидывать грузы и товары в нужное место. Отпуска перестали бы быть проблемой — мы легко телепортировались бы прямо к месту отдыха. Телепортация изменила бы все.

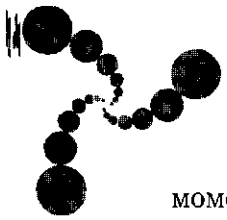
Самые ранние упоминания о телепортации можно обнаружить в религиозных текстах, например в Библии, где духи то и дело переносят людей с места на место. К примеру, это

место из Деяний апостолов Нового Завета предполагает, по всей видимости, телепортацию Филиппа из Газы в Азот. «Когда же они вышли из воды, Дух Святый сошел на евнуха, а Филиппа восхитил Ангел Господень, и евнух уже не видел его и продолжал путь, радуясь. А Филипп оказался в Азоте и, проходя, благовествовал всем городам, пока пришел в Кесарию» (Деяния 8:39–40).

Телепортация — среди прочих трюков и иллюзий — входит в репертуар любого мага: кролики из шляпы, карты из рукава, монеты из-за уха ничего не подозревающего зрителя. Один из самых впечатляющих трюков недавнего времени — исчезновение слона на глазах изумленной аудитории. Выглядит это следующим образом. Гигантского слона весом в несколько тонн помещают в клетку. Взмах волшебной палочки — и слон исчезает, к немалому изумлению публики. (Конечно, на самом деле слон никуда не девается. Трюк осуществляется при помощи зеркал. Клетка, в которую помещают слона, не простая. Позади каждого прута имеется зеркало — длинное узкое вертикальное зеркало. Каждое из этих зеркал может поворачиваться вокруг вертикальной оси. В начале номера, когда зеркала развернуты поперек и как бы спрятаны за прутьями клетки, зрителям их не видно — зато видно слона в клетке. Зато когда зеркала по команде иллюзиониста поворачиваются и встают под углом 45° к аудитории, изумленным зрителям остается только вглядываться в отраженное изображение боковой стенки клетки, за которой нет никакого слона.)

Телепортация и научная фантастика

Первое упоминание о телепортации в научно-фантастическом произведении мы находим в рассказе Эдварда Пейджа Митчелла «Человек без тела», опубликованном в 1877 г. В этом рассказе некий ученый открыл способ разобрать кошку на атомы и передать их по телеграфным проводам. К несчастью, в тот



момент, когда ученый пытался телепортироваться сам, прекратилось электропитание. В результате успешно телепортировалась только его голова.

Сэр Артур Конан Дойл, создатель знаменитого Шерлока Холмса, был буквально очарован идеей телепортации. Написав большое количество детективных рассказов и романов про приключения Шерлока Холмса, он устал от своего героя и в конце концов прикончил его, заставив вместе с профессором Мориарти упасть в ущелье у Рейхенбахского водопада. Но возмущение читателей оказалось столь велико, что Дойлу пришлось воскресить сыщика. Оказавшись не в состоянии избавиться от Шерлока Холмса, Дойл вместо этого решил создать совершенно нового героя. Им стал профессор Челленджер, практически двойник Холмса. Оба героя обладали острым умом и наблюдательностью и любили разгадывать загадки. Но если Холмс раскрывал запутанные криминальные дела при помощи холодной дедуктивной логики, то профессор Челленджер исследовал темный мир спиритуализма и паранормальных явлений, включая и телепортацию.

В романе «Дезинтеграционная машина», опубликованном в 1927 г., профессор знакомится с изобретателем машины, способной разобрать человека, а затем собрать его заново где-нибудь в другом месте. Но затем изобретатель хвастливо заявляет, что в дурных руках его машина может по нажатию кнопки уничтожать целые города с миллионами жителей. Профессор Челленджер в ужасе. Роман заканчивается тем, что он при помощи машины разбирает изобретателя и покидает лабораторию, «позабыв» собрать его заново.

Немного позже телепортацию открыл для себя и Голливуд. Вышедший в 1958 г. фильм «Муха» наглядно демонстрирует, что может произойти, если процесс телепортации пойдет неправильно. Некий ученый успешно телепортирует себя в пределах комнаты, но по несчастной случайности его атомы перемешиваются с атомами мухи, случайно попавшей в теле-

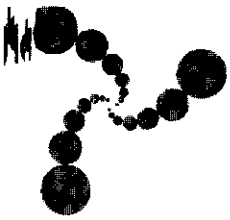
портационную лабораторию. В результате ученый превращается в гротескное чудовище — получеловека, полумуху. (В 1986 г. на экраны вышел ремейк этого фильма с Джеффом Голдблюмом в главной роли.)

Сериал «Звездный путь» сделал телепортацию заметным явлением массовой культуры. Его создатель Джин Родденберри вынужден был ввести телепортацию в сюжет, поскольку бюджет студии Paramount не предусматривал дорогостоящих спецэффектов, связанных с имитацией старта и посадки ракетных кораблей на Земле и отдаленных планетах. Дешевле было просто передать экипаж «Энтерпрайза» к месту назначения по лучу.

За прошедшие десятилетия ученые успели высказать множество доводов в пользу того, что телепортация в принципе невозможна. Чтобы телепортировать человека, вы должны знать точное расположение каждого атома в живом теле — а это, вероятно, нарушило бы принцип неопределенности Гейзенберга (который утверждает, что невозможно одновременно знать точное положение и скорость электрона). Продюсеры «Звездного пути», склоняясь перед критиками, установили в телепортационной камере «компенсаторы Гейзенберга» — можно подумать, что законы квантовой физики можно было бы исправить при помощи какого бы то ни было дополнительного блока в устройстве телепорта! Но оказывается, создатели фильма вообще поторопились с введением «компенсаторов Гейзенберга». Возможно, ученые и критики прошлых лет все же ошибались.

Телепортация и квантовая теория

В рамках теории Ньютона телепортация откровенно невозможна. Законы Ньютона базируются на представлении о том, что вещество состоит из крошечных твердых бильярдных шариков. Объекты не приходят в движение, если их не толкнуть; объекты не исчезают внезапно и не появляются заново в другом месте.



Но в квантовой теории частицы способны проделывать именно такие фокусы. Законы Ньютона продержались у власти 250 лет и были свергнуты в 1925 г., когда Вернер Гейзенберг, Эрвин Шрёдингер и их коллеги разработали квантовую теорию. Анализируя странные свойства атомов, физики обнаружили, что электрон ведет себя как волна и в кажущейся хаотичности своего движения внутри атома может совершать квантовые скачки.

Теснее всего с представлением о квантовых волнах связан венский физик Эрвин Шрёдингер, создатель знаменитого волнового уравнения, названного его именем, — одного из важнейших уравнений физики и химии. Целые институтские курсы посвящены решению этого знаменитого уравнения; целые стены физических библиотек заняты книгами, в которых подробно исследуются его глубокие следствия. В принципе вся сумма знаний по химии может быть сведена к решениям этого уравнения.

В 1905 г. Эйнштейн показал, что световые волны могут вести себя наподобие частиц; это значит, что они могут быть описаны как пакеты энергии, известные под названием фотонов. Но примерно к 1920 г. Шрёдингеру стало очевидно, что обратное тоже верно: частицы, к примеру электроны, могут вести себя подобно волнам. Эту идею первым высказал французский физик Луи де Бройль, удостоенный за эту гипотезу Нобелевской премии. (Мы в университете наглядно демонстрируем это студентам. Для этого мы выстреливаем электронами в катодную лучевую трубку, в точности такую, как в телевизоре. Электроны проходят через крошечное отверстие, так что на экране вроде бы должна появиться маленькая светлая точка. Вместо этого вы обнаружите там концентрические волнообразные круги — точно такие, какие можно ожидать при прохождении через отверстие волны, а не частицы.)

Как-то Шрёдингер читал лекцию об этом любопытном феномене. Один из присутствовавших в зале коллег-физиков

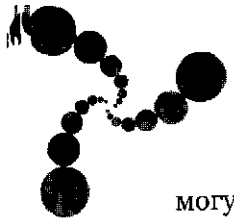
Питер Дебай задал вопрос: «Если электрон можно описать как волну, то как выглядит его волновое уравнение?»

С тех пор как Ньютон создал дифференциальное исчисление, физики описывали любую волну на языке дифференциальных уравнений, поэтому Шрёдингер воспринял вопрос Дебая как вызов и решил написать дифференциальное уравнение для электронной волны. В том же месяце Шрёдингер ушел в отпуск, а вернулся уже с готовым уравнением. Как Максвелл в свое время взял физические поля Фарадея и вывел уравнения Максвелла для света, Шрёдингер взял частицу-волну де Бройля и вывел уравнение Шрёдингера для электронов.

(Историки науки потратили немало усилий, пытаясь выяснить в точности, где был и чем занимался Шрёдингер, когда открыл свое знаменитое уравнение, навсегда изменившее современную физику и химию. Оказалось, что Шрёдингер был сторонником свободной любви и на отдых часто ездил с женой и любовницами. Он также вел подробный дневник, в который заносил всех своих многочисленных любовниц и сложным шифром обозначал каждую встречу. В настоящее время считается, что те выходные, когда было открыто уравнение, Шрёдингер провел в Альпах, на вилле «Херциг», с одной из своих подружек.)

Начав решать свое уравнение для атома водорода, Шрёдингер, к немалому своему удивлению, обнаружил, что энергетические уровни электронов уже до него были точно установлены и опубликованы другими физиками. После этого он понял, что старая модель атома, принадлежащая Нильсу Бору, — та самая, где электроны носятся вокруг ядра и которую до сих пор рисуют в книгах и рекламных проспектах как символ современной науки — на самом деле неверна. Круговые орбиты электронов вокруг ядра атома необходимо заменить волнами.

Можно сказать, что работа Шрёдингера встряхнула физическое сообщество и, подобно брошенному камню, тоже породила разбегающиеся волны. Физики вдруг обнаружили, что



могут заглянуть непосредственно в атом, подробно исследовать волны, из которых состоят его электронные оболочки, и точно предсказать их энергетические уровни.

Но оставался еще один вопрос, который не дает физикам покоя даже сегодня. Если электрон описывается как волна, то что же в нем колеблется? Ответ на этот вопрос дал физик Макс Борн; он сказал, что эти волны представляют собой не что иное, как волны вероятности. Они сообщают только о том, с какой вероятностью вы обнаружите конкретный электрон в определенное время в определенной точке. Другими словами, электрон — это частица, но вероятность обнаружить эту частицу задается волной Шрёдингера. И чем выше волна, тем больше шансов обнаружить частицу именно в этой точке.

Получается, что внезапно в самом сердце физики — науки, которая прежде давала нам точные предсказания и подробные траектории любых объектов, начиная с планет и комет и кончая пушечными ядрами, — оказались понятия шанса и вероятности.

Гейзенберг сумел формализовать этот факт, предложив принцип неопределенности — постулат о том, что невозможно знать точную скорость и точное положение электрона в один и тот же момент. Невозможно точно определить и его энергию в заданный промежуток времени. На квантовом уровне нарушаются все фундаментальные законы здравого смысла: электроны могут исчезать и вновь возникать в другом месте, а также находиться одновременно в нескольких местах.

(По иронии судьбы и Эйнштейн, крестный отец квантовой теории, принимавший участие в революционных преобразованиях 1905 г., и Шрёдингер, автор волнового уравнения, пришли в ужас от появления случайных процессов в фундаментальной физике. Эйнштейн писал: «Квантовая механика вызывает огромное уважение. Но внутренний голос подсказывает мне, что это не то, что нужно. Эта теория многое объясняет, но едва ли приближает нас хоть сколько-то к тайне Бога. По крайней

мере о себе могу сказать точно: я убежден, что Он не играет в кости».)

Теория Гейзенберга была революционной и противоречивой, но работала. С ее помощью физикам удалось одним махом объяснить огромное число загадочных явлений, включая законы химии. Объясняя своим аспирантам странность и причудливость квантовой теории, я иногда прошу их рассчитать вероятность того, что атомы их тел вдруг разбегутся и соберутся заново по другую сторону кирпичной стены. Подобная телепортация запрещена в ньютоновской физике, но никак не противоречит законам квантовой механики. Ответ, однако, заключается в том, что такого события пришлось бы ждать до конца жизни вселенной и даже дольше. (Если бы вы при помощи компьютера построили график шрёдингеровой волновой функции для собственного тела, то выяснилось бы, что она очень сильно напоминает само тело, но выглядит как бы чуть-чуть лохматой, так как некоторые из ваших волн расползаются за его пределы во всех направлениях. Некоторые из них достигают даже отдаленных звезд. Поэтому существует все же крошечная вероятность того, что однажды вы вдруг проснетесь на далекой чужой планете.)

Тот факт, что электроны, по-видимому, могут находиться во многих местах одновременно, составляет фундамент всей химии. Мы думаем, что электроны обращаются вокруг ядра атома, как тела миниатюрной Солнечной системы. Но между атомом и Солнечной системой есть принципиальные различия. При столкновении в космосе двух Солнечных систем они неизбежно развалятся, планеты при этом отбросит в разных направлениях. Атомы же, сталкиваясь, часто делятся друг с другом электронами и образуют вполне стабильные молекулы. В старших классах школы учитель часто говорит ученикам про «размазанный электрон», напоминающий продолговатый мяч для регби; он соединяет два атома между собой.

Но вот о чем учителя химии почти никогда не рассказывают ученикам. Электрон, о котором идет речь, вовсе не «разма-

зан» между двумя атомами. На самом деле этот «мяч для регби» представляет вероятность того, что электрон находится одновременно во множестве мест внутри данного объема. Другими словами, вся химия, изучающая и объясняющая строение молекул, из которых состоят наши тела, основана на представлении о том, что электроны могут находиться одновременно в нескольких местах; именно такое «совместное владение» электронами, которые умудряются одновременно принадлежать двум атомам, удерживает на месте атомы в молекулах нашего тела. Без квантовой теории наши молекулы и атомы распались бы в мгновение ока.

Этим причудливым, но принципиальным свойством квантовой теории (тем фактом, что существует ненулевая вероятность даже самых странных событий) воспользовался Дуглас Адамс в своем веселом романе «Автостопом по галактике». Автору нужен был удобный способ носиться по всей галактике, поэтому он придумал «двигатель бесконечной невероятности», «чудесный новый способ преодоления громадных межзвездных расстояний за ничтожнейшую долю секунды без нудного блуждания в гиперпространстве». Его машина позволяет произвольно менять вероятность любого квантового события, так что даже чрезвычайно маловероятные события становятся обычными и привычными. В общем, если хотите отправиться в ближайшую звездную систему, нужно просто изменить вероятность вашей рематериализации именно там, и все! Дело сделано! Вы мгновенно телепортируетесь в нужное место.

На самом деле квантовые «скачки», столь обычные внутри атома, невозможно легко перенести на крупные объекты вроде людей, состоящие из триллионов и триллионов атомов. Даже если электроны в нашем теле прыгают и скачут с места на место в своем фантастическом путешествии вокруг ядра, их так много, что прыжки усредняются и сглаживаются. Именно поэтому, говоря упрощенно, на нашем уровне вещества представляются твердыми и неизменными.

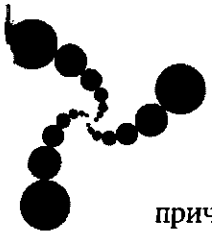
Итак, хотя на атомном уровне телепортация разрешена, чтобы дождаться подобного странного события на макроскопическом уровне, придется ждать до гибели нашей Вселенной и даже дольше. Но можно ли воспользоваться законами квантовой теории и создать машину для телепортации объектов по требованию, как происходит в научно-фантастических произведениях? Как ни удивительно, ответ однозначен: да, можно.

Эксперимент ЭПР

Ключ к квантовой телепортации кроется в знаменитой работе 1935 г. Альберта Эйнштейна и его коллег Бориса Подольского и Натана Розена. По иронии судьбы трое ученых ставили своей целью раз и навсегда покончить с присутствием вероятности в физике, предложив с этой целью мысленный эксперимент, получивший название эксперимент ЭПР по первым буквам фамилий авторов. (Сокрушаясь по поводу бесспорного экспериментального успеха квантовой теории, Эйнштейн писал: «Чем больший успех имеет квантовая теория, тем глупее она выглядит».)

Если два электрона первоначально колеблются в унисон (такое состояние называется когерентным), то они способны сохранить волновую синхронизацию даже на большом расстоянии друг от друга. Даже если эти электроны окажутся разделены световыми годами, невидимая шрёдингерова волна все равно будет связывать их между собой подобно пуповине. Если с одним из электронов что-то произойдет, то какая-то часть информации об этом событии будет немедленно передана второму. Это явление называется квантовой запутанностью и основано на концепции о том, что когерентные частицы обладают какой-то глубинной связью.

Возьмем (мысленно, разумеется) два когерентных электрона; раз они когерентны, значит, колеблются в унисон. Затем позволим этим электронам разлететься в противоположных направлениях. Каждый электрон подобен вертящемуся волчку,



причем его вращение (спин) может быть направлено вверх или вниз. Пусть полный спин системы равняется нулю, так что если известно, что спин одного электрона направлен вверх, то спин другого точно направлен вниз. Согласно квантовой теории перед измерением спин электрона не направлен ни вверх, ни вниз; электрон находится в неопределенном состоянии, он как бы вращается вверх и вниз одновременно. (Стоит вам произвести наблюдение, как волновая функция «схлопывается», оставляя частицу в одном конкретном состоянии из всех возможных.)

Далее измерим спин одного электрона. Скажем, он вращается вверх. Значит, мы мгновенно узнаем, что другой электрон вращается вниз. Даже если электроны разделены в пространстве многими световыми годами, мы будем мгновенно знать спин второго из них, как только измерим спин первого. Мало того, мы получим эту информацию быстрее, чем со скоростью света! Поскольку два наши электрона «запутаны», т.е. их волновые функции колеблются в унисон, эти самые волновые функции связаны невидимой «нитью» или пуповиной. Все, что происходит с одной частицей, автоматически отражается на другой. (В каком-то смысле это означает, что все, что происходит с нами, автоматически и мгновенно влияет на события, происходящие в отдаленных уголках вселенной, ведь наши волновые функции, вероятно, «запутаны» еще с начала времен. В каком-то смысле можно сказать, что существует паутина «запутанности», которая связывает отдаленные уголки вселенной, включая и нас с вами.) Эйнштейн иронически называл это явление призрачным дальнодействием и «доказывал» с его помощью, что квантовая теория неверна, поскольку ничто не может переноситься с места на место быстрее, чем со скоростью света.

Первоначально Эйнштейн считал мысленный эксперимент ЭПР похоронным звоном по квантовой теории. Но в 1980-х гг. Алан Аспект с коллегами провел во Франции реальный эксперимент с двумя детекторами, расположенными

на расстоянии 13 м друг от друга. Он измерял спины фотонов, испускаемых атомами кальция, и полученные результаты в точности совпали с положениями квантовой теории. Очевидно, Господь все же играет в кости с нашей Вселенной.

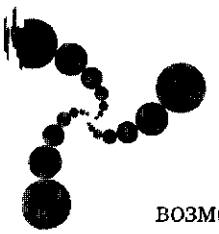
Действительно ли информация в этом случае передается быстрее, чем со скоростью света? Неужели Эйнштейн ошибся и скорость света не является предельной скоростью нашей Вселенной? На самом деле все обстоит не совсем так. Да, информация действительно передается быстрее света, но информация эта случайна, а потому бесполезна. Методом, описанным в эксперименте ЭПР, невозможно передать настоящее послание, скажем, азбукой Морзе, с какой бы скоростью ни передавалась информация.

Знание о том, что некий электрон на другом конце вселенной вращается вниз, бесполезно. Этим методом невозможно передать свежую информацию о биржевых котировках. Приведем наглядный пример. Предположим, что один из наших приятелей всегда носит разноцветные носки, красный и зеленый, не обращая внимания на то, какой цвет окажется на какой ноге. Скажем, мы осматриваем одну ногу и выясняем, что на ней красный носок. Значит, мы узнаем быстрее, чем со скоростью света, что на другой ноге зеленый носок. Информация действительно дошла до нас быстрее света, но она совершенно бесполезна. Этим методом невозможно передать сигнал, который содержал бы неслучайную информацию.

Много лет эксперимент ЭПР приводили как яркий пример торжества квантовой теории, но торжество получалось бесплодным и не давало никакой практической выгоды. До недавнего времени.

Квантовая телепортация

Все изменилось в 1993 г., когда ученые из IBM под руководством Чарльза Беннетта продемонстрировали всем принципиальную



возможность телепортировать с использованием эксперимента ЭПР материальные объекты, по крайней мере на атомном уровне. (Точнее говоря, они продемонстрировали возможность передачи полной информации о частице.) За прошедшие годы физики научились передавать фотоны и даже целые атомы цезия. Возможно, через несколько десятилетий ученые смогут телепортировать первую молекулу ДНК и первый вирус.

Квантовая телепортация использует одну из самых причудливых особенностей эксперимента ЭПР. В своих экспериментах физики начинают с того, что берут два атома, А и С. Предположим, мы хотим телепортировать информацию от атома А к атому С. Для этого мы вводим третий атом В, запутанный с атомом С (т. е. В и С когерентны). Затем атом А вступает в контакт с атомом В и «сканирует» его таким образом, что информационное содержание атома А передается атому В. В ходе этого процесса атомы А и В запутываются. Но поскольку первоначально В был запутан с атомом С, теперь информация, содержавшаяся в А, передается также и в атом С. Результат таков: атом А был телепортирован в атом С, т. е. теперь информационное содержание А идентично информационному содержанию С.

Обратите внимание на то, что информация, содержавшаяся перед началом эксперимента в атоме А, была уничтожена (т. е. после эксперимента мы не получаем двух идентичных копий). Это означает, что если представить себе телепортацию человека, то человек этот должен будет умереть в процессе передачи. Но зато информационное содержание его тела появится где-то в другом месте. Обратите внимание также на то, что атом А как таковой не переместился на позицию атома С. Напротив, С получил от А только информацию, которая в нем содержалась, например характеристики спина и поляризации. (Это не означает, что атом А был разобран и перенесен на другое место. Это означает, что информационное содержание атома А было передано другому атому — С.)

После первого объявления о прорыве между разными группами ученых началось яростное соревнование. Первая историческая демонстрация, в ходе которой осуществлялась телепортация фотонов ультрафиолетового света, состоялась в 1997 г. в Университете Инсбрука. Через год экспериментаторы из Калифорнийского технологического института провели еще более точный эксперимент по телепортации фотонов.

В 2004 г. физики Венского университета сумели телепортировать частицы света на расстояние 600 м под рекой Дунай по оптоволоконному кабелю, установив таким образом новый рекорд. (Сам кабель имел длину 800 м и был протянут под Дунаем ниже системы городской канализации. Передатчик располагался на одном берегу реки, приемник — на другом.)

Одно из возражений, которые выдвигают критики этих экспериментов, заключается в том, что ученые работают с частицами света, фотонами. Пока результат «не тянет» на научную фантастику. Поэтому очень важным стал другой эксперимент 2004 г., когда квантовую телепортацию удалось продемонстрировать уже не на фотонах, а на настоящих атомах. Это шаг в нужном направлении, к созданию реального телепортационного устройства. Физики из Национального института стандартов и технологии в Вашингтоне сумели «запутать» три атома бериллия и передать свойства одного атома другому. Достижение было настолько значительным, что попало на обложку журнала *Nature*. Другая группа тоже добилась успеха, но уже с атомами кальция.

В 2006 г. произошло еще одно значительное событие: впервые в подобных экспериментах был задействован макроскопический объект. Физики из Института Нильса Бора в Копенгагене и Института Макса Планка в Германии сумели запутать луч света и газ, состоящий из атомов цезия; в этом событии участвовали многие триллионы атомов. После этого они закодировали информацию, содержащуюся в лазерных вспышках, и телепортировали ее атомам цезия через расстояние примерно

в полметра. Как пояснил один из исследователей Евгений Ползик, впервые была проведена квантовая телепортация «между светом — носителем информации — и атомами».

Телепортация без запутывания

Исследования в области телепортации стремительно набирают ход. В 2007 г. было сделано еще одно важное открытие. Физики предложили метод телепортации, не требующий запутывания. Вспомним, что запутывание представляет собой наиболее сложный момент квантовой телепортации. Решение этой проблемы могло бы открыть перед телепортацией новые горизонты.

«Речь идет о луче из примерно 5000 частиц, который исчезает в одном месте и появляется в другом», — говорит физик Астон Брэдли из Центра квантовой атомной оптики в Брисбене при Австралийском совете по исследованиям — один из участников разработки нового метода телепортации.

«Мы считаем, что по духу наша схема ближе к первоначальной фантастической концепции», — заявляет он. Суть подхода группы Брэдли в том, что ученые берут пучок атомов рубидия, переводят всю его информацию в луч света, посылают этот луч по оптоволоконному кабелю, а затем воссоздают первоначальный пучок атомов в другом месте. Если заявленные результаты подтвердятся, то будет устранено главное препятствие к реальной телепортации и открыты совершенно новые пути передачи на расстояние все более крупных объектов.

Чтобы новый метод не путали с квантовой телепортацией, доктор Брэдли назвал его классической телепортацией. (Название это отчасти вводит в заблуждение, потому что его метод также опирается на квантовую теорию, но не на запутывание.)

Ключевым моментом этого нового типа телепортации является открытое недавно новое состояние вещества, известное как «конденсат Бозе–Эйнштейна», или КБЭ, которое представляет собой одну из самых холодных субстанций во всей Вселенной.

В природе самую низкую температуру можно обнаружить в открытом космосе; она составляет 3 К, т. е. на три градуса выше абсолютного нуля. (Это благодаря остаточной теплоте Большого взрыва, которая до сих пор заполняет Вселенную.) Но КБЭ существует при температуре от одной миллионной до одной миллиардной градуса выше абсолютного нуля; такую температуру можно получить только в лаборатории.

При охлаждении некоторых форм вещества почти до абсолютного нуля их атомы (все без исключения) сваливаются на самый низкий энергетический уровень и начинают вибрировать в унисон, т. е. становятся когерентными. Волновые функции всех атомов перекрываются, поэтому в каком-то смысле КБЭ напоминает гигантский «сверхатом», причем все составляющие его отдельные атомы колеблются в унисон. Существование этого необычного состояния вещества предсказали Эйнштейн и Шатьендранат Бозе еще в 1925 г., но прошло 70 лет, прежде чем в 1995 г. КБЭ был наконец получен в лабораториях Массачусетского технологического института и Университета Колорадо.

Вот как работает телепортационное устройство Брэдли и его команды. Начинается все с набора суперхолодных атомов рубидия в состоянии КБЭ. Затем на КБЭ направляют пучок атомов (все того же рубидия). Атомы пучка также стремятся перейти в состояние с самой низкой энергией, поэтому они сбрасывают излишки энергии в виде квантов света. Полученный таким образом световой луч посылают по оптоволоконному кабелю. Примечательно, что этот луч содержит всю квантовую информацию, необходимую для описания первоначального пучка вещества (т. е. информацию о расположении и скорости всех его атомов). Пройдя по кабелю, световой луч попадает в уже другой КБЭ, который превращает его в первоначальный поток вещества.

Этот новый метод телепортации ученые считают чрезвычайно многообещающим, так как в нем не задействована

запутанность атомов. Но у этого метода есть свои проблемы. Он очень жестко определяется свойствами конденсата Бозе–Эйнштейна, который чрезвычайно сложно получить в лаборатории. Более того, КБЭ обладает достаточно необычными свойствами и в некоторых отношениях ведет себя как один гигантский атом. Необычные квантовые эффекты, которые можно наблюдать только на атомном уровне, в КБЭ в принципе можно увидеть невооруженным глазом. Когда-то это считалось невозможным.

Ближайшее практическое приложение КБЭ — создание атомных лазеров. Разумеется, основой лазера служит когерентный пучок фотонов, которые колеблются в унисон. Но ведь КБЭ представляет собой набор атомов, которые тоже колеблются в унисон; отсюда возможность создать поток когерентных КБЭ-атомов. Другими словами, КБЭ может стать основой для устройств, аналогичных обычным лазерам: это атомные, или вещественные, лазеры, которые сделаны из КБЭ-атомов. В настоящее время лазеры имеют широчайшее применение в обычной жизни, и атомные лазеры, возможно, войдут в нашу жизнь не менее глубоко. Но так как КБЭ может существовать только при температурах, едва-едва превышающих абсолютный нуль, прогресс в этой области наверняка будет медленным, хотя и уверенным.

Можем ли мы сказать с учетом всего уже достигнутого, когда мы сами получим возможность телепортироваться? В ближайшие годы физики надеются телепортировать сложные молекулы. После этого несколько десятилетий наверняка уйдет на разработку способа телепортации ДНК или, может быть, какого-нибудь вируса. Против телепортации человека — в точности как в фантастических фильмах — также нет никаких принципиальных возражений, но технические проблемы, которые надо преодолеть на пути к подобному достижению, поражают воображение. Пока для того, чтобы добиться когерентности крошечных световых фотонов и отдельных атомов,

требуются усилия лучших физических лабораторий мира. О квантовой когерентности с участием реальных макроскопических объектов, таких как человек, речь пока не идет и еще долго идти не будет. Скорее всего, пройдет немало столетий, прежде чем мы сможем телепортировать обычные предметы, если это вообще возможно.

Квантовые компьютеры

По существу, судьба квантовой телепортации тесно связана с судьбой проектов по разработке квантовых компьютеров. Оба направления пользуются одними и теми же законами квантовой физики и одинаковыми технологиями, поэтому между ними идет постоянный и очень активный обмен идеями. Квантовые компьютеры, возможно, когда-нибудь полностью заменят на наших столах привычные цифровые компьютеры. Более того, однажды может оказаться, что от этих компьютеров зависит будущее мировой экономики, поэтому данные технологии представляют громадный коммерческий интерес. Новые технологии, созданные на базе квантовых технологий, придут на смену современным технологиям, и Силиконовая долина, вполне возможно, уйдет в прошлое вслед за столицами американского автопрома.

Обычные компьютеры считают в двоичной системе счисления и оперируют только нулями и единицами, которые называются битами. Но квантовые компьютеры гораздо мощнее. Они могут оперировать кубитами, или квантовыми битами, которые могут принимать и промежуточные между 0 и 1 значения. Представьте себе атом, помещенный в магнитное поле. Он крутится как волчок, и ось его вращения может указывать вверх или вниз. Здравый смысл говорит нам, что спин атома может быть направлен вверх или вниз, но никак не в обе стороны одновременно. Но в странном мире квантов атом описывается как сумма обоих этих состояний, как суперпозиция атома

с положительным спином и атома с отрицательным спином. В нечеловеческом мире квантов каждый объект описывается как сумма всех возможных состояний. (Если вы хотите дать квантовое описание крупного объекта, например кошки, это означает, что вам придется сложить волновую функцию живой кошки с волновой функцией мертвой кошки, так что в результате получится кошка, одновременно мертвая и живая, о чем я расскажу подробнее в главе 13.)

Теперь представьте себе цепочку атомов, выстроенных в магнитном поле, так что спины всех атомов направлены в одну сторону. Если осветить эту цепочку атомов лазерным лучом, то луч отразится от атомов, перевернув при этом оси вращения некоторых из них. Измерив разницу между первоначальным и отраженным лазерными лучами, мы получим результат сложной квантовой вычислительной операции, которая представляет собой переворот осей вращения множества атомов.

Квантовые компьютеры еще не вышли из младенческого возраста. Максимум, что удалось пока посчитать квантовому вычислителю, — это $3 \times 5 = 15$. Едва ли можно считать это серьезной заявкой на вытеснение сегодняшних суперкомпьютеров. У квантовой телепортации и квантовых компьютеров один и тот же фатальный недостаток: необходимость поддерживать когерентность большого количества атомов. Решение этой проблемы привело бы к громадному рывку вперед в обеих областях.

ЦРУ и другие секретные организации проявляют к квантовым компьютерам активный интерес. Основой для большинства секретных кодов мира служит «ключ», представляющий собой очень большое целое число, который необходимо разложить на простые сомножители. И если ключ представляет собой произведение двух стозначных чисел, то цифровому компьютеру может потребоваться больше ста лет, чтобы найти эти два сомножителя, не имея никаких дополнительных данных. На данный момент такие коды можно считать практически не поддающимися взлому.

Но в 1994 г. Питер Шор из Лаборатории Белла показал, что для квантового компьютера разложение на множители было бы детской игрой. Понятно, что это открытие мгновенно подогрело интерес разведывательного сообщества. В принципе, квантовый компьютер способен был бы взломать все коды в мире и полностью разрушить систему безопасности современных компьютеров. Первая страна, которой удастся создать подобную систему, может рассчитывать на проникновение в глубочайшие тайны других стран и организаций.

Некоторые ученые предполагают, что в будущем мировая экономика может оказаться полностью зависимой от квантовых компьютеров. Ожидается, что цифровые компьютеры на базе кремниевых технологий достигнут физического предела — в смысле роста вычислительной мощности — где-то после 2020 г. И чтобы техника продолжала развиваться, потребуется, скорее всего, создавать новые, еще более мощные семейства вычислительной техники. Другие ученые надеются воспроизвести при помощи квантовых компьютеров мощь человеческого мозга.

Таким образом, ставки чрезвычайно высоки. Если удастся решить проблему когерентности, то нам, возможно, покорится не только телепортация. Не исключено, что квантовые компьютеры дадут нам возможность развивать самые разные технологии в неизвестных пока и слабо предсказуемых направлениях. Прорыв в этой области настолько важен, что в следующих главах я еще не раз вернусь к обсуждению данной темы.

Как я уже указывал, когерентность чрезвычайно трудно поддерживать в лаборатории. Даже самая слабая случайная вибрация способна нарушить когерентность двух атомов и свести на нет все усилия. Сегодня нам с трудом удается поддерживать когерентность хотя бы горстки атомов. Атомы, первоначально находившиеся «в фазе», начинают терять синхронность уже через несколько наносекунд; в лучшем случае они удерживаются в этом состоянии до секунды. Телепортацию необходимо прово-

дить очень быстро, прежде чем атомы начнут терять синхронность, и это еще один ограничивающий фактор для квантовых вычислений и телепортации.

Несмотря на все препятствия, Дэвид Дойч из Оксфордского университета уверен, что эти проблемы можно решить: «Если повезет, при помощи последних теоретических достижений на создание [квантового компьютера] потребуется, возможно, куда меньше 50 лет... Это был бы совершенно новый способ обуздания природы».

Чтобы построить реальный квантовый компьютер, нам потребуется от сотен до миллионов атомов, колеблющихся в унисон; на сегодняшний день нам еще далеко до подобных достижений. Сейчас телепортация капитана Кирка была бы астрономически трудным делом. Для этого нам пришлось бы установить квантовую запутанность с копией-близнецом капитана Кирка. Даже с учетом нанотехнологий и новейших компьютеров трудно представить себе, как это можно сделать на практике.

Итак, на атомном уровне телепортация уже существует, и вполне возможно, что уже в течение нескольких ближайших десятилетий мы научимся телепортировать сложные и даже органические молекулы. А вот телепортации макроскопических объектов после этого придется ждать значительно дольше — от нескольких десятилетий до нескольких столетий, а то и больше, если эта процедура вообще возможна.

Поэтому телепортацию сложных молекул, может быть, даже вирусов или живых клеток, следует отнести к I классу невозможности, что означает: решения этой задачи следует ожидать еще в настоящем столетии. Но телепортация человека, хотя и не противоречит законам физики, вряд ли будет реализована в ближайшее время. На решение этой задачи — при условии, что решение вообще существует, — может потребоваться еще не одна сотня лет. Поэтому я бы отнес телепортацию такого рода ко II классу невозможности.

5. ТЕЛЕПАТИЯ

Если за целый день вам не попалось ничего странного, значит, день не удался.

Джон Уилер

Только те, кто пытается сделать абсурдное, добиваются невозможного.

Мориц Эшер

Громадный потенциал телепатии и самые темные наши страхи, связанные с ней, как в зеркале отразились в романе Альфреда ван Вогта «Слэн».

Джомми Кросс, главный герой романа, — «слэн», представитель вымирающей расы сверхразумных телепатов.

Его родители были жестоко убиты разъяренной толпой обычных людей, которые боятся и ненавидят всех телепатов из-за громадной власти, которую обретает любой, кто может проникать в их личные, самые интимные мысли. Люди безжалостно охотятся за слэнами, как за животными. Причем узнать слэна несложно благодаря характерным усикам, растущим на голове. На протяжении всего романа Джомми пытается связаться с другими слэнами; считается, что часть их, пытаясь ускользнуть от развязанной людьми «охоты на ведьм», бежала в космос.

Возможность читать чужие мысли всегда занимала воображение человека и представлялась настолько важной, что часто ее приписывали исключительно богам. Одной из самых важных составляющих могущества любого бога является

способность читать в душах и потому отзываться на самые тайные наши молитвы. Настоящий телепат, способный произвольно читать чужие мысли, легко мог бы стать богатейшим и могущественнейшим человеком на Земле. Ему не трудно было бы проникать в тайные мысли банкиров с Уолл-стрит, шантажировать соперников или оказывать на них давление. Такой человек был бы угрозой для безопасности правительств. Он без труда мог бы выведывать самые тщательно охраняемые тайны любой страны. Его тоже боялись бы; возможно, за ним, как за слэнами, устроили бы охоту.

Громадные возможности истинного телепата подчеркиваются и в серии романов Айзека Азимова «Основание», которую часто называют одной из величайших научно-фантастических эпопей всех времен. Галактическая империя, правившая на протяжении многих тысяч лет, стоит на грани распада и гибели. Тайное общество ученых, известное как Второе основание, предсказывает при помощи сложных вычислений, что Империя в конце концов падет, а цивилизация погрузится во тьму на 30 000 лет. В попытке предотвратить полный распад цивилизации и свести темный период всего лишь к нескольким тысячам лет ученые, основываясь на своих формулах, разрабатывают сложный план. Но затем происходит катастрофа. Оказывается, все тщательно продуманные уравнения не в состоянии предсказать одной-единственной случайности — рождения мутанта по имени Мул, способного управлять сознанием других людей на большом расстоянии и стремящегося к захвату власти в Галактической империи. Если телепата не удастся остановить, галактика обречена на 30 000 лет хаоса и анархии.

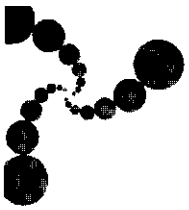
Фантастика полна сказочных историй о телепатах, но реальность гораздо более прозаична. Мысль — штука личная и к тому же невидимая, поэтому шарлатаны и мошенники веками пользовались наивностью и доверчивостью некоторых людей. Один из простейших фокусов, которыми пользуются

иллюзионисты, — это «подсадная утка», т. е. помощник, который сидит в зале и мысли которого затем «читает» заезжий телепат.

Репутация некоторых прославленных «телепатов» базировалась на знаменитом «трюке со шляпой». Люди в зале писали записки на листах бумаги и складывали их в шляпу, а затем артист, поражая присутствующих, говорил, что написано на каждом листе. У этого хитроумного трюка есть обманчиво простое объяснение (см. примечания).

Один из самых знаменитых случаев телепатии был связан не с «подсадной уткой», а с настоящим животным — чудо-конем по кличке Умный Ганс, изумлявшим европейскую публику в 1890-х гг. К удивлению и восторгу зрителей, Умный Ганс мог производить сложные математические вычисления. К примеру, если коня просили разделить 48 на 6, он восемь раз ударял по земле копытом. Умный Ганс умел делить, умножать, складывать дроби, грамотно писать и даже узнавать музыкальные ноты. Поклонники чудо-коня заявляли: либо Умный Ганс умнее многих людей, либо он телепатически улавливает мысли.

И при этом Умный Ганс не был участником какой-то «хитрой аферы»! Наоборот, чудесная способность коня к арифметическим вычислениям ставила в тупик даже его дрессировщика. В 1904 г. обследовать Умного Ганса пригласили известного психолога профессора Карла Штрумпфа, который не сумел обнаружить никаких доказательств мошенничества или тайных сигналов, которые дрессировщик подавал бы лошади. Однако тремя годами позже ученик Штрумпфа психолог Оскар Пфунгст провел гораздо более тщательную проверку и раскрыл наконец секрет Умного Ганса. На самом деле конь просто внимательно наблюдал за лицом дрессировщика! Он бил копытом, а как только замечал легкое изменение выражения лица, прекращал это делать. Умный Ганс не умел ни читать мысли, ни считать; он просто оказался внимательным наблюдателем.



В истории известны и другие животные-«телепаты». Еще в 1591 г. лошадь по кличке Марокко прославилась на всю Англию и заработала своему хозяину целое состояние. Она находила среди зрителей определенных людей, указывала нужные буквы алфавита и складывала очки, выпавшие на паре игральных костей. Лошадь произвела в Англии такую сенсацию, что Шекспир вывел ее в своей пьесе «Тщетные усилия любви» как «танцующую лошадь» и тем обессмертил.

Игроки тоже способны в определенном смысле читать чужие мысли. Когда человек видит перед собой что-то приятное, зрачки его глаз расширяются. Когда он видит что-то нежелательное (или занимается математическими вычислениями), зрачки сужаются. Игроки могут отслеживать эмоции соперников по расширению или сужению зрачков, даже если выражение лиц у них совершенно не меняется. Именно поэтому, в частности, многие игроки носят над глазами цветной козырек, который затеняет зрачки и не дает рассмотреть их. Можно также направить на зрачок человека лазерный луч, а по отраженному лучу определить в точности, куда направлен его взгляд. Следя за движением лазерного «зайчика», можно определить, в какой последовательности человек рассматривает картину. Одновременное использование обеих этих технологий позволяет определить подробную эмоциональную реакцию человека на картину, ни о чем его не спрашивая.

Психические исследования

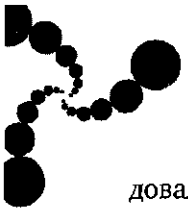
Первые научные исследования телепатии и других паранормальных явлений принадлежат Обществу психических исследований, основанному в 1882 г. в Лондоне. (Как раз в этом году Фредерик Майерс и пустил в обращение термин «ментальная телепатия».) Среди президентов этого общества еще в XIX в. успело побывать несколько очень известных личностей. Оно существует до сих пор и успело разоблачить множество мошен-

ников, но и само общество нередко разрывается между спиритуалистами — теми, кто твердо верит в паранормальные явления, — и учеными, стремящимися к более серьезным научным исследованиям.

Доктор Джозеф Бэнкс Райн работал в Соединенных Штатах, но поддерживал с Обществом тесную связь. В 1927 г. он начал первое систематическое и тщательное изучение психических явлений и основал Институт Райна (известный сейчас как Исследовательский центр Райна) в Университете Дьюка в штате Северная Каролина. Несколько десятков лет доктор Райн и его жена Луиза проводили первые в США эксперименты под научным контролем; они изучали широкий спектр явлений парапсихологии и публиковали отчеты о своих исследованиях в различных рецензируемых изданиях. Именно Райн в одной из первых своих книг ввел термин «экстрасенсорное восприятие» (ЭСВ).

Можно сказать, что лаборатория Райна установила общий стандарт психических исследований. Один из сотрудников лаборатории доктор Карл Зенер разработал систему карточек с пятью разными символами для анализа телепатических способностей; теперь они известны как карточки Зенера. В громадном большинстве экспериментов не удалось обнаружить даже малейших признаков телепатии. Тем не менее данные некоторых экспериментов показали небольшие, но примечательные взаимосвязи, которые невозможно было объяснить случайным совпадением. Проблема в том, что другие исследователи, как правило, не могут повторить эти эксперименты.

Райн старался заслужить репутацию серьезного и дотошного исследователя, но она пострадала, когда он столкнулся с лошадью по кличке Чудо-Леди. Эта коняга демонстрировала поразительные чудеса телепатии; она умела, например, сшибать копытом кубики с буквами и составлять таким образом из них слова, задуманные кем-то из зрителей. Очевидно, Райн не был знаком с эффектом Умного Ганса. В 1927 г. он тщательно иссле-



довал Чудо-Леди и сделал вывод: «Таким образом, остается только телепатическое объяснение, передача ментального воздействия неизвестным путем. Мы не обнаружили ничего, что противоречило бы этому, и ни одна из предложенных других гипотез не кажется достоверной в свете полученных результатов». Позже Милбурн Кристофер сумел все же разгадать истинный источник телепатических возможностей Чудо-Леди: им оказались легкие движения хлыста в руках владельца лошади. Чудо-Леди начинала быть копытом и прекращала это делать только по определенному сигналу хозяина. (Райн продолжал верить, что эта лошадь — настоящий телепат, даже после того, как истинный источник способностей Чудо-Леди был раскрыт. Он считал, что хозяин прибег к мошенничеству вынужденно, так как лошадь почему-то потеряла способность читать мысли.)

Однако последний сокрушительный удар по репутации Райна был нанесен перед самой его отставкой. Он подыскивал преемника, при котором его институт мог бы успешно продолжать работу. Кандидат, разумеется, должен был иметь незапятнанную репутацию. Доктор Уолтер Леви, один из многообещающих кандидатов, работавший с Райном с 1973 г., считался восходящей звездой парапсихологии. Опубликованные им сенсационные результаты свидетельствовали, что мыши способны телепатически воздействовать на компьютерный генератор случайных чисел. Однако бдительные сотрудники лаборатории обнаружили, что по ночам доктор Леви тайком пробирается в лабораторию и... подправляет результаты тестов. Его удалось застать на месте преступления. Дальнейшие исследования показали, что мыши не обладают никакими телепатическими способностями, и доктор Леви вынужден был с позором уйти из института.

Телепатия и Звездные врата

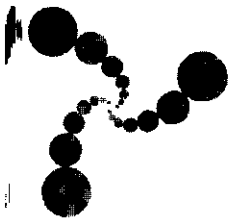
На пике холодной войны, давшей начало многочисленным секретным экспериментам по телепатии, управлению разумом

и дальновидению (дальновидение — это получение зрительной информации об удаленном месте средствами одного только сознания, через проникновение в сознание других людей), интерес к паранормальному тоже принял воинственный характер. Несколько секретных проектов на деньги ЦРУ, такие как «Солнечный удар» (Sun Streak), «Пламя под решеткой» (Grill Flame) и «Осевая полоса» (Center Lane), получили общее кодовое название «Звездные врата» (Star Gate). Работы по программе начались около 1970 г., когда ЦРУ доложило, что Советский Союз тратит на «психотронные» исследования до 60 млн руб. в год. Военные опасались: вдруг Советы научатся обнаруживать при помощи ЭСВ расположение военных баз США и места базирования подводных лодок, распознавать шпионов и читать секретные бумаги?

В 1972 г. исследования ЦРУ получили финансирование; руководили работами Расселл Тарг и Гарольд Путхофф из Стэнфордского исследовательского института в г. Менло-Парк. Первоначально ставилась задача подготовить группу медиумов, способных вести «психическую войну». Программа действовала больше 20 лет; за это время США истратили на «Звездные врата» 20 млн долл., в штате ее состояло больше 40 сотрудников, 23 дальновидящих и три медиума.

До 1995 г. команда ЦРУ с бюджетом 500 тыс. долл. в год провела сотни экспериментов по сбору разведданных с тысячами сеансов дальновидения. В частности, дальновидящих просили:

- определить, где находится полковник Каддафи, перед бомбардировкой Ливии в 1986 г.;
- найти хранилища плутония в Северной Корее в 1994 г.;
- определить местонахождение заложника, похищенного «красными бригадами» в Италии, в 1981 г.;
- найти советский бомбардировщик Ту-95, разбившийся в Африке.



В 1995 г. ЦРУ попросило Американский институт исследований (АИИ) оценить эти программы. АИИ рекомендовал закрыть их. «Нет никаких документальных свидетельств того, что они имеют какую-либо ценность для разведывательного сообщества», — написал представитель АИИ Дэвид Гослин.

Сторонники программы «Звездные врата» утверждают, что за годы у них накопились результаты «на восемь мартини» (т. е. настолько поразительные, что человеку, чтобы оправиться после знакомства с ними, нужно выпить не меньше восьми порций мартини). Критики, однако, возражают на это, что громадное большинство экспериментов по дальновидению дало бесполезную, никому не нужную информацию, что это напрасная трата денег налогоплательщиков и что те несколько «попаданий», которые вроде бы зарегистрированы, носят такой неопределенный характер, что приложимы почти к любой ситуации. В докладе АИИ говорится, что самые впечатляющие «успехи» программы «Звездные врата» достигнуты с участием тех дальновидящих, которые и раньше знали кое-что о ситуации и потому могли сделать вполне обоснованное предположение.

В конце концов ЦРУ пришло к выводу, что программа «Звездные врата» ни разу не дала информации, полезной при организации и проведении разведопераций; программа была закрыта. (Ходят упорные слухи о том, что во время войны в Заливе ЦРУ пыталось, хотя и безуспешно, при помощи дальновидящих установить местонахождение Саддама Хусейна.)

Сканирование мозга

Одновременно с описанным выше ученые потихоньку начинали понимать физические законы, стоящие за работой мозга. В XIX в. ученые подозревали, что внутри мозга передаются электрические сигналы. В 1875 г. Ричард Кейтон обнаружил, что слабые электрические сигналы, излучаемые мозгом, мож-

но уловить при помощи электродов, размещенных на поверхности головы. Это открытие со временем привело к созданию электроэнцефалографа (ЭЭГ).

В принципе мозг действительно представляет собой передатчик, по которому наши мысли разносятся посредством очень слабых электрических сигналов и электромагнитных волн. Но вот использовать эти сигналы для чтения мыслей проблематично. Во-первых, сигналы чрезвычайно слабы, их мощность измеряется в милливаттах. Во-вторых, они очень путаные и почти неотличимы от «белого шума». Из этой мешанины можно выделить только самую грубую информацию о наших мыслях. В-третьих, наш мозг не способен принимать подобные сигналы от другого мозга; у человека нет для этого антенны. И наконец, даже если бы мы научились принимать эти слабые сигналы, мы не смогли бы расшифровать их. Обычная физика Ньютона и Максвелла, по всей видимости, не разрешает телепатию по радио.

Кое-кто считает, что телепатия, возможно, передается посредством пятой силы, известной как пси-сила. Но даже сторонники парапсихологии признают, что у них нет конкретных воспроизводимых свидетельств существования пси-силы.

Открытым остается другой вопрос: что говорит квантовая теория насчет телепатии?

В последние несколько лет появились новые квантовые инструменты, которые впервые в истории позволили нам заглянуть в работающий мозг. Возглавляет эту квантовую революцию метод позитронно-эмиссионного (ПЭТ) и магнитно-резонансного (МРТ) томографического сканирования мозга. Для ПЭТ в кровь вводят радиоактивный сахар, который концентрируется в тех участках мозга, которые в данный момент активны: процесс мышления требует энергии. Радиоактивный сахар испускает позитроны (антиэлектроны), которые не сложно зарегистрировать приборами. Таким образом, отслеживая распределение антиматерии в живом мозге, можно делать выводы и о направ-

лении мыслей — конечно, если знать точно, какие части мозга чем занимаются.

Аппарат для МРТ действует примерно так же, но он более точен. Голову пациента помещают в мощное магнитное поле в форме бублика. Поле заставляет ядра атомов в мозгу выстраиваться вдоль силовых линий. Затем в пациента направляют радиоимпульс, который заставляет эти ядра колебаться. Меняя ориентацию, ядра испускают слабое радиоэхо, которое можно зарегистрировать; таким образом можно определить присутствие того или иного вещества. К примеру, известно, что активность мозга связана с уровнем потребления кислорода, поэтому МРТ может выделить зоны, где идет процесс мышления, по присутствию насыщенной кислородом крови. Чем выше концентрация такой крови, тем выше уровень активности данной части мозга. (Сегодня аппарат для «функциональной МРТ», или «фМРТ», способен за доли секунды нацелиться на крошечный участок мозга в миллиметр в поперечнике, что делает его идеальным инструментом для отслеживания характера мыслей в живом мозге.)

Детекторы лжи на основе МРТ

Не исключено, что когда-нибудь ученые сумеют при помощи аппаратов МРТ определять общее направление мыслей в работающем мозге. Простейший тест на «чтение мыслей» — правильно определить, лжет человек или говорит правду.

По легенде, первый в мире детектор лжи придумал несколько веков назад один индийский жрец. Он будто бы запирал подозреваемого в комнате с «волшебным осликом». Предполагаемый преступник должен был потянуть рукой за хвост волшебного ослика. При этом, если человек этот лжец, ослик должен был сказать об этом человеческим голосом. Предполагалось, что если ослик молчит, то это означает, что человек говорит правду. (Втайне от всех старейшина заранее натирал хвост ослика сажей.)

После выхода из комнаты после общения с осликом подозреваемый обычно заявлял о своей невиновности — ведь ослик ничего не сказал, когда его потянули за хвост. Но затем жрец осматривал руки подозреваемого. Если руки оказывались чистыми, это означало, что человек лжет. (Иногда угроза применения детектора лжи более эффективна, чем сам детектор.)

Первый «волшебный ослик» современности родился в 1913 г., когда психолог Уильям Марстон предложил проверять кровяное давление подозреваемого; предполагалось, что когда человек лжет, давление у него повышается. (На самом деле это наблюдение восходит еще к древности; тогда следователь во время допроса держал руки подозреваемого в своих.) Идею Марстона подхватили другие ученые, и вскоре даже у министерства обороны появился собственный Институт полиграфа.

С течением времени стало ясно, что детектор лжи можно обмануть; в частности, это без труда делают социопаты — ведь они не раскаиваются в своих действиях и не чувствуют за собой вины. Самый знаменитый случай такого рода — двойной агент в ЦРУ Олдрич Эймс; он получал огромные деньги от Советского Союза за то, что посылал на смерть десятки американских агентов и передавал секреты атомного флота США. При этом не один десяток лет Эймс успешно проходил в ЦРУ многочисленные тесты на детекторе лжи. Кстати, то же самое умел делать и серийный убийца Гэри Риджуэй, известный как Убийца из Грин-Ривер; он убил никак не меньше 50 женщин.

В 2003 г. Национальная академия наук США выпустила разгромный доклад по вопросу о надежности и достоверности детекторов лжи; в докладе содержится длинный список методов обмана детектора лжи и ситуаций, при которых невиновный человек может выглядеть лжецом.

Итак, детекторы лжи измеряют только уровень тревоги, но что, если измерить параметры самого мозга? Мысль заглянуть в поисках лжи в мозг зародилась лет 20 назад на основании

работ Питера Розенфельда из Северо-Западного университета; он заметил, что ЭЭГ человека в момент произнесения лжи отличается от ЭЭГ того же человека в момент произнесения правды так называемой волной P300[1]. (Как правило, волна P300 возбуждается, когда мозг сталкивается с чем-то новым или необычным.)

Использовать для определения лжи результаты МРТ-обследования предложил Дэниел Лэнглебен из Университета Пенсильвании. В 1999 г. он случайно наткнулся на статью, автор которой утверждал, что дети, страдающие дефицитом внимания, лгут с трудом; но из личного опыта он знал, что это неверно — такие дети лгут не хуже остальных. Истинная их трудность в том, что они с трудом удерживают в себе правду. «Они не умеют хранить секреты и все разбалтывают», — вспоминал Лэнглебен. Значит, заключил он, если нужно солгать, мозг должен сначала не дать себе сказать правду, а уж затем придумать обман. Лэнглебен говорит: «Когда вы сознательно лжете, вам приходится одновременно удерживать в мозгах и правду. Значит, разумно предположить, что мозг при этом должен быть более активен». Другими словами, лгать нелегко.

Лэнглебен начал проводить эксперименты с участием студентов-добровольцев, которых он просил лгать; вскоре он обнаружил, что ложь рождает усиление мозговой деятельности на нескольких участках мозга, включая переднюю долю (где сосредоточены высшие мыслительные процессы), височную долю и лимбическую систему (где обрабатываются эмоции). В частности, он обратил внимание на необычную активность в передней части поясной извилины (которая связана с разрешением конфликтов и подавлением ответной реакции).

Он утверждает, что в контролируемых экспериментах с целью определить, говорит ли испытуемый правду или лжет (эксперимент состоял в том, что студенты правильно или не-

[1] «Выступ» на графике электрического потенциала ЭЭГ приблизительно через 300 мс после воспринимаемого испытуемым сигнала. — *Прим. пер.*

правильно называли игральную карту), добился устойчивого успеха вплоть до 99%.

Интерес к этой технологии так велик, что основаны уже два коммерческих предприятия, предлагающих эту услугу. В 2007 г. одна из компаний под названием «МРТ против лжи» начала работу по первому делу; был обследован человек, который подал в суд на страховую компанию за то, что она обвинила его в преднамеренном поджоге собственного магазинчика. (Функциональное МРТ-исследование показало, что он не поджигатель.)

Сторонники методики Лэнглебена утверждают, что она гораздо эффективнее старомодного детектора лжи, поскольку человек не может произвольно менять порядок работы собственного мозга. Можно научить человека управлять в какой-то степени частотой пульса и не потеть, но невозможно управлять работой мозга. Мало того, сторонники указывают, что в наш век, когда все так боятся террористов, эта методика могла бы вовремя засечь атаку на США и тем спасти бесчисленные жизни.

Критики признают видимый успех этой методики в определении лжи, но одновременно указывают, что на самом деле фМРТ регистрирует не ложь как таковую, а увеличение мозговой активности, как будто бы связанное с ложью. Не исключено, что при работе с человеком в состоянии сильного нервного возбуждения аппарат начнет делать ошибки, ведь он регистрирует только тревогу объекта и всегда приписывает ее лжи, а у тревоги могут быть и другие причины. «Существует невероятная жажда получить тесты, которые могли бы надежно отличать правду от обмана, а на науку всем наплевать», — предупреждает нейробиолог Стивен Хайман из Гарвардского университета.

Некоторые критики утверждают также, что настоящий детектор лжи, как и настоящий телепат, способен сделать нормальное общение людей практически невозможным, по-

сколько небольшая ложь представляет собой ту самую «социальную смазку», которая позволяет общественному механизму работать. К примеру, во что превратится наша репутация, если кто-нибудь вдруг во всеуслышание объявит, что все наши комплименты боссам, начальникам, супругам, любовницам и коллегам — чистая ложь? Кроме того, настоящий работающий детектор лжи вытащит на свет божий все наши семейные тайны, скрытые эмоции, подавленные желания и тайные намерения. Как выразился научный обозреватель Дэвид Джоунз, настоящий детектор лжи, «подобно атомной бомбе, лучше оставить на крайний случай как своего рода окончательное решение. Если его начнут широко применять вне здания суда, общественная жизнь сделается совершенно невозможной».

Универсальный переводчик

Некоторые ученые справедливо отмечают, что, хотя современные методы сканирования и дают красивые фотографии работающего мозга, они все же слишком грубы, чтобы регистрировать отдельные изолированные мысли. Вероятно, при выполнении человеком даже простейшего задания задействуются одновременно миллионы нейтронов, а аппараты МРТ видят всю эту бешеную активность всего лишь точкой на экране. Один психолог сравнил сканирование мозга с попыткой прислушаться к соседу во время яростного футбольного матча. Вопли тысяч зрителей непременно заглушат негромкий голос одного человека. К примеру, минимальный элемент объема мозга, который способен надежно анализировать аппарат фМРТ, называют «воксель»[1]. Но каждый воксель соответствует нескольким миллионам нейронов, так что чувствительности аппарата явно не хватит, чтобы выделить отдельную мысль.

В научной фантастике иногда мелькает «универсальный переводчик» — устройство, способное читать мысли и пере-

[1] Элемент объемного изображения, по аналогии с «пиксель». — *Прим. пер.*

давать их непосредственно в сознание другого существа. В некоторых романах инопланетные телепаты передают мысли в человеческий мозг, хотя и не знают нашего языка. В научно-фантастическом фильме 1976 г. «Мир будущего» сон одной женщины проецируется на телеэкран в реальном времени. В фильме Джима Кэрри «Вечное сияние чистого разума» (2004) доктора умеют выделять в мозгу пациента неприятные воспоминания и стирать их.

«Такого рода фантазии возникают у каждого, кто работает в этой области, — говорит нейробиолог Джон Хейнс из Института Общества Макса Планка в Лейпциге (Германия). — Но если вы хотите построить такое устройство, то, я уверен, вам потребуется снимать информацию с отдельного нейрона».

Пока регистрация сигнала от одного нейрона категорически невозможна, но кое-кто из психологов пытается добиться более скромного результата: подавить шум и выделить образы фМРТ, создаваемые отдельными объектами. Не исключено, к примеру, что можно идентифицировать образы фМРТ, соответствующие отдельным словам; если получится, ученые составят из отдельных слов «словарь мыслей».

Так, Марсель Джаст из Университета Карнеги–Меллона сумел идентифицировать фМРТ-образ, соответствующий маленькой изолированной группе объектов (например, столярных инструментов). «Мы можем с точностью 80–90% определить, о каком из 12 предметов думает каждый из 12 испытуемых», — утверждает ученый.

Его коллега Том Митчелл, специалист по компьютерным наукам, пытается использовать компьютерные технологии типа нейронных сетей для опознавания сложных рисунков мозга, получаемых при помощи фМРТ-аппарата и связанных с выполнением определенных экспериментов. «Мне бы очень хотелось проделать эксперимент и найти с его помощью слова, которые вызывают самую активную и легко различимую работу мозга», — отмечает он.

Но даже составление словаря мыслей еще очень далеко от создания «универсального переводчика». В отличие от универсального переводчика, который должен передавать мысли непосредственно из одного мозга в другой, переводчик мыслей на основе технологии фМРТ должен был бы проделывать множество скучных операций: сперва распознавать определенные образы фМРТ, переводить их в английские слова, а затем уже передавать эти слова (вероятно, произносить) другому лицу. В этом смысле такое устройство совершенно не похоже на «слияние сознаний», которое мы видим в «Звездном пути» (но тем не менее оно было бы очень полезно жертвам инсульта).

Ручные МРТ-сканеры

Еще одним серьезным препятствием на пути к практической телепатии является размер аппарата для фМРТ. Сегодня это чудовищное устройство стоимостью несколько миллионов долларов, оно занимает целую комнату и весит несколько тонн. Сердце аппарата — большой магнит в форме бублика диаметром больше метра, создающий мощнейшее магнитное поле напряженностью в несколько тесла. (Это магнитное поле настолько мощное, что при случайном включении аппарата несколько рабочих получили серьезные травмы — они получили травмы от летящих молотков и других железных инструментов!)

Недавно физики Игорь Савуков и Майкл Ромалис из Принстонского университета предложили новую технологию, которая со временем может стать базой для создания ручных аппаратов МРТ; при этом стоимость их снизится многократно — быть может, в сто раз. Ученые утверждают, что громадные магниты для МРТ можно заменить сверхчувствительными атомными магнитометрами, способными регистрировать самые слабые магнитные поля.

В первую очередь Савуков и Ромалис создали магнитный датчик из взвеси горячих паров калия в гелии. При помощи

лазерного луча они выровняли спины электронов атомов калия. Затем они приложили слабое магнитное поле к некоторому объему воды (имитирующему человеческое тело). После этого в воду был направлен радиоимпульс, который возбудил колебания молекул воды. Возникшее в результате отражения от молекул воды «эхо» заставило колебаться и электроны в атомах калия; эти колебания, в свою очередь, регистрировались вторым лазером. Ключевой результат опытов: даже слабое магнитное поле может давать «эхо», которое самые современные и чувствительные датчики способны зарегистрировать. В перспективе это дает возможность заменить чудовищное магнитное поле стандартного фМРТ-аппарата слабым полем; более того, картинки при этом получаются практически мгновенно (тогда как МРТ-аппарату для получения одного изображения может потребоваться до 20 минут).

Со временем, рассуждают ученые, сделать МРТ-снимок будет так же легко, как сегодня сфотографировать пейзаж при помощи цифровой камеры. (Тем не менее и на этом пути есть препятствия. Одна из проблем состоит в том, что аппарат и объект исследования необходимо будет надежно защитить от внешних магнитных полей.)

Если ручные МРТ-аппараты когда-нибудь станут реальностью, их можно будет сопрячь с крохотным компьютером, который, в свою очередь, несложно снабдить набором программ для распознавания определенных ключевых фраз, слов или предложений. Такое устройство не сможет делать многое из того, что описано в научной фантастике, но это уже шаг вперед.

Мозг как нейронная сеть

Сможет ли в будущем некий МРТ-аппарат читать мысли — читать буквально: слово в слово, образ в образ, как способен делать истинный телепат? Ответа на этот вопрос пока нет. Некоторые утверждают, что аппараты МРТ в лучшем

случае смогут различить лишь общее направление мыслей, потому что мозг все-таки не компьютер. В цифровом компьютере вычисления всегда локализованы и подчиняются очень жестким правилам. Любой цифровой компьютер подчиняется законам машины Тьюринга, т. е. такой машины, в которой есть центральное процессорное устройство (ЦПУ) и каналы ввода и вывода. Центральный процессор (например, обычный сегодня пентиум) производит с входными данными определенный набор операций и выдает результат на выход. Таким образом, процесс «мышления» сосредоточен исключительно в ЦПУ.

Однако наш мозг не цифровой компьютер. В нем нет пентиума и вообще какого бы то ни было ЦПУ, нет операционной системы Windows, и подпрограмм тоже нет. Если вы удалите из компьютерного ЦПУ один-единственный транзистор, компьютер, скорее всего, перестанет работать. В то же время известны случаи, когда при повреждении у человека половины мозга вторая половина берет ее функции на себя.

На самом деле человеческий мозг больше напоминает самообучающуюся машину, «нейронную сеть», которая каждый раз при получении задания коммутируется заново. Исследования с применением аппаратов МРТ подтвердили, что мысли в мозге не локализованы в одной точке, как в машине Тьюринга, а распределены по значительному объему мозга, что вообще типично для нейронных сетей. Снимки МРТ показывают, что процесс мышления напоминает игру в пинг-понг — последовательно включаются разные участки мозга, и электрическая активность как бы мечется по всему его объему.

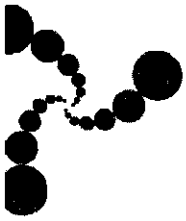
Тот факт, что мысли носят распределенный характер и задействуют многие участки мозга, внушает опасения. Возможно, максимум, что смогут сделать ученые, — это составить словарь мыслей, т. е. установить однозначное соответствие между определенными мыслями и конкретными рисунками на ЭЭГ- или МРТ-снимках. К примеру, австрийский специалист

по биомедицинской инженерии Герт Пфуртшеллер научил компьютер распознавать отдельные мысли путем анализа мю-волн на ЭЭГ. Судя по всему, мю-волны связаны с намерением совершить определенные мускульные движения. Пфуртшеллер просит пациента поднять палец, улыбнуться или нахмуриться, а компьютер фиксирует, какие именно при этом возбуждаются мю-волны. Каждый раз, когда пациент производит какое-либо умственное усилие, компьютер тщательно записывает рисунок мю-волн. Процесс сбора данных очень сложен и утомителен — ведь приходится тщательно вычищать все посторонние волны, но постепенно Пфуртшеллеру удалось установить поразительные параллели между простыми движениями и определенными рисунками ЭЭГ.

Со временем эти усилия вместе с результатами МРТ-исследований действительно могут привести к созданию вразумительного «словаря» мыслей. Возможно, компьютер путем анализа ЭЭГ- или МРТ-снимков сможет распознавать определенные рисунки и определять, о чем думает пациент, — хотя бы в самом общем плане. Такая методика «чтения мыслей» помогла бы установить однозначное соответствие между конкретными рисунками мю-волн, МРТ-снимков и мыслей. Но сомнительно, чтобы она позволила различить в мыслях человека отдельные слова.

Передача мыслей

Но предположим, что когда-нибудь мы научимся прочитывать общее направление мыслей другого человека. Как насчет обратного процесса? Сможем ли мы проецировать собственные мысли в голову другого человека? Похоже, что на этот вопрос можно уверенно ответить: да, сможем. Если направить радиоволны непосредственно в мозг, можно возбудить определенные его участки, которые, как достоверно известно, управляют определенными функциями.



Начало этому направлению исследований было положено в 1950-х гг., когда канадский нейрохирург Уайлдер Пенфилд начал проводить операции на мозге пациентов, больных эпилепсией. Он обнаружил, что при стимуляции определенных областей височной доли мозга при помощи электродов человек слышит голоса, перед ним появляются призрачные видения. Психологи и раньше знали, что эпилептическое поражение мозга может привести к тому, что пациент начинает чувствовать на себе действие сверхъестественных сил, видеть во всех событиях вокруг работу ангелов и демонов. (Некоторые психологи даже предполагали, что именно стимуляция этих участков мозга могла быть причиной полумистического опыта, лежащего в основе многих религий. К примеру, выдвигались предположения, что Жанна д'Арк, сумевшая в одиночку привести французские войска к победе над британцами, возможно, страдала от подобного поражения мозга в результате удара по голове.)

На базе этих гипотез нейробиолог Майкл Персингер из Садбери в провинции Онтарио разработал специальный шлем, назначение которого — излучать радиоволны в мозг и вызывать тем самым определенные мысли и эмоции, к примеру религиозное чувство. Нейробиологам известно, что определенное повреждение левой височной доли может вызвать дезориентацию левой половины мозга; в этом случае мозг может интерпретировать деятельность правой половины как сигналы от другого «я». При таком ранении у человека может возникнуть впечатление, что в комнате присутствует какой-то призрачный дух, ведь мозг не знает, что этот «дух» представляет собой всего лишь часть его самого. В зависимости от веры и представлений о мире, пациент может увидеть в этом другом «я» демона, ангела, инопланетянина или даже Бога.

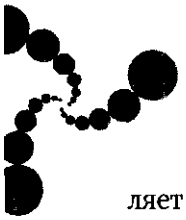
Не исключено, что в будущем появится возможность направлять электромагнитные сигналы в точно рассчитанный участок мозга, отвечающий за конкретные функции. К примеру, чтобы вызвать определенные эмоции, нужно будет направить

сигнал в мозжечковую миндалину. Чтобы вызвать визуальные образы и мысли — стимулировать другой участок мозга. Но исследования в этом направлении находятся пока в зачаточном состоянии.

Карта мозга

Несколько ученых предложили заняться нейронным картированием, подобным известному проекту «Геном человека». В результате реализации проекта по нейронному картированию ученые определили бы точное положение каждого отдельного нейрона в человеческом мозге и составили трехмерную карту всех связей в нем. Это был бы поистине монументальный труд, так как в мозге человека больше 100 млрд нейронов, каждый из которых связан с тысячами других нейронов. Если представить себе, что такой проект реализован и карта создана, наверное, можно было бы составить и другую карту: показать, как определенные мысли возбуждают определенные нейронные связи. А вместе со словарем мыслей, полученным при помощи МРТ-снимков и ЭЭГ-волн, такая карта позволила бы расшифровать нейронную структуру определенных мыслей, так чтобы определить, какие именно слова или мысленные образы соответствуют возбуждению конкретных нейронов. Так можно было бы установить однозначное соответствие между конкретной мыслью, выраженной через МРТ-рисунок, и конкретными нейронами, которые должны сработать, чтобы эта мысль возникла в мозгу.

Небольшой шаг в этом направлении сделали в 2006 г. ученые из Алленовского института мозга (созданного одним из основателей фирмы Microsoft Полом Алленом). Они объявили о создании трехмерной карты экспрессии генов в мозге мыши; карта отражает проявление 21 000 генов на клеточном уровне. Ученые надеются создать таким же образом атлас человеческого мозга. «Завершение Алленовского атласа мозга представ-



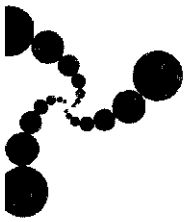
ляет собой гигантский скачок вперед на одном из ключевых направлений медицинской науки — науки о мозге», — утверждает Марк Тессье-Лавинь, руководитель института. Этот атлас станет незаменимым инструментом для любого, кто захочет изучать нейронные связи человеческого мозга, хотя надо отметить, что задуманный Атлас мозга еще очень далек от реального проекта нейронного картирования.

В общем, натуральная телепатия, какую часто описывают в научной фантастике и фэнтези, на сегодняшний день невозможна. МРТ-снимки и ЭЭГ-волны можно использовать только для чтения простейших мыслей, потому что мысли сложным образом распределены по всему объему мозга. Но кто знает, какое развитие может получить эта технология в ближайшие десятилетия и столетия? Возможности науки проникать в мыслительные процессы должны по идее расти по экспоненте. С повышением чувствительности МРТ и других устройств регистрации наука все точнее сможет локализовать мысли и определять, как именно развиваются в мозге последовательные процессы обработки мыслей и эмоций. С ростом мощности компьютеров появится возможность анализировать всю массу данных с большей точностью. Словарь мыслей, возможно, установит точное соответствие между множеством рисунков мысли на экране МРТ-анализатора и реальными мыслями и чувствами. Хотя может оказаться, что однозначное соответствие между МРТ-рисунками и мыслями установить невозможно, словарь мыслей поможет правильно идентифицировать примерное направление и тематику мыслей. Рисунок мысли, полученный при помощи МРТ, в свою очередь, можно нанести на нейронную карту, чтобы показать точно, какие нейроны срабатывают при возникновении в мозгу какой-то конкретной мысли.

Но мозг не компьютер, а нейронная сеть, в которой мысли распределены по всему объему, поэтому в конце концов мы натыкаемся на препятствие, и этим препятствием является сам

мозг. Безусловно, наука будет проникать все глубже и глубже в работающий мозг и рано или поздно сумеет расшифровать некоторые мыслительные процессы, но читать мысли с дословной точностью, как предсказывает научная фантастика, будет все-таки невозможно. С учетом этого я отнес бы способность считывать общий характер ощущений и мыслей к невозможностям I класса. А вот способность более точно прочитать механизмы работы сознания придется отнести уже ко II классу невозможности.

Но существует, возможно, более прямой путь прикоснуться к невероятному могуществу мозга. Нельзя ли вместо того, чтобы использовать радио, сигналы которого слабы и легко рассеиваются, подключиться непосредственно к нейронам мозга? Если так, то нам, вполне возможно, удастся выпустить на волю еще более мощную силу: психокинез.



6. ТЕЛЕКИНЕЗ

Новая научная истина торжествует не потому, что ее противники признают свою неправоту, просто ее оппоненты со временем вымирают, а подрастающее поколение знакомо с нею с самого начала.

Макс Планк

Привилегия дурака – изрекать истины, которые все остальные не хотят произносить вслух.

Уильям Шекспир[1]

Однажды боги собрались на небесах и стали жаловаться на жалкое состояние человечества. Наше тщеславие, глупость и бессмысленные выходки способны внушить только отвращение. Но один бог сжалился над нами и решил провести эксперимент: дать одному совершенно обычному человеку неограниченное могущество. Вот вопрос: как поведет себя человек, став богом?

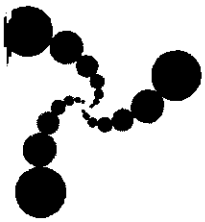
Этим скучным и очень средним человечком оказывается галантерейщик Джордж Фотерингей, который внезапно обнаруживает у себя божественные способности. Оказывается, он может заставить плавать свечи, изменить цвет воды, создать из ничего великолепный обед из нескольких блюд — и даже наколдовать парочку бриллиантов. Поначалу он пользуется своими новыми возможностями для забавы и добрых дел. Но постепенно тщеславие и жажда власти берут над ним верх; он становит-

[1] Автор приписывает Шекспиру цитату, принадлежащую английскому фантасту Нилу Гейману (Neil Gaiman). — *Прим. пер.*

ся жадным до власти тираном, обзаводится дворцами и невероятными богатствами. Наконец, отравленный безграничной властью, он совершает фатальную ошибку. Он надменно приказывает Земле прекратить вращение. Внезапно воцаряется невообразимый хаос; яростные ветры, несущиеся со скоростью 1000 миль в час — скоростью вращения Земли, — поднимают все на воздух. Человечество сметено с поверхности Земли и вышвырнуто в открытый космос. В отчаянии он высказывает последнее и окончательное свое желание: чтобы все вернулось и стало как прежде.

Такова в кратком пересказе сюжетная линия фильма «Человек, который мог творить чудеса» (1936), снятого по мотивам рассказа Г. Уэллса, написанного им в 1911 г. (Позже на эту же тему был снят фильм «Брюс всемогущий» с Джимом Кэрри в главной роли.) Из всех свойств, будто бы присущих экстрасенсорному восприятию, телекинез — или психокинез, или способность двигать предметы мысленным усилием, — безусловно, самое значительное качество. Он наделяет человека гораздо большим могуществом, дает ему почти божественные возможности. Уэллс в своем рассказе стремился показать, что божественное могущество потребовало бы от человека столь же божественного разума и мудрости.

Телекинез фигурирует не только в современной литературе; так, в пьесе Шекспира «Буря» колдун Просперо, его дочь Миранда и волшебный дух воздуха Ариэль из-за предательства брата Просперо оказались на много лет заперты на пустынном острове. Когда Просперо узнает, что брат-злодей проплывает на корабле мимо острова, он в отместку вызывает колдовским образом — посредством телекинеза — чудовищную бурю, которая приносит корабль брата к острову и разбивает его о скалы. Затем Просперо при помощи телекинеза начинает манипулировать судьбами злополучных жертв крушения, в том числе Фердинанда — красивого невинного юноши, которого Просперо заставляет влюбиться в Миранду.



(Русский писатель Владимир Набоков отмечал, что «Буря» во многом напоминает научно-фантастическое произведение. Более того, через 350 лет после написания, в 1956 г., по сюжету этой шекспировской пьесы был снят классический научно-фантастический фильм «Запретная планета». В нем Просперо стал мрачным ученым Морбиусом, дух — роботом Робби, Миранда превратилась в красавицу-дочь Морбиуса Альтаиру, а сам остров стал планетой Альтаир-4. Создатель «Звездного пути» Джин Родденберри признавался, что к созданию сериала его подтолкнул, в частности, фильм «Запретная планета».)

Позже телекинез стал главной движущей силой сюжета в романе Стивена Кинга «Кэрри» (1974); именно этот роман выдвинул неизвестного полунищего писателя в первые ряды мировых авторов жанра хоррор — роман-ужастик. Кэрри в романе — это болезненно застенчивая смешная школьница, которую презирают другие дети и преследует душевно неустойчивая мать. Ее единственное утешение — способность к телекинезу, по всей видимости, наследственная. В финальной сцене мучители сначала убеждают девочку в том, что она будет звездой школьной постановки, а затем обливают ее новое платье свиной кровью. После этого следует акт мести: Кэрри усилием мысли запирает все двери, убивает своих мучителей электричеством, сжигает здание школы и в конце концов запускает убийственный огненный вихрь, который практически полностью уничтожает центр города — и ее заодно.

Тема телекинеза в руках психически неустойчивого человека стала также основой памятного эпизода «Звездного пути», озаглавленного «Чарли Икс». Это история о молодом человеке с преступными наклонностями, родившегося в отдаленной космической колонии. Вместо того чтобы использовать свои способности к телекинезу в добрых целях, он подчиняет с их помощью других людей и заставляет служить себе. Если он захватит «Энтерпрайз» и доберется до Земли, на планете воцарится хаос и она будет уничтожена.

Телекинез стоит и за могуществом Силы, которой владеют рыцари легендарного общества джедаев из саги «Звездные войны».

Телекинез и реальный мир

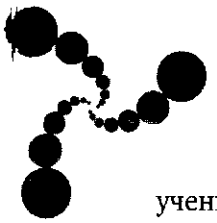
Возможно, самое знаменитое противостояние, связанное с телекинезом в реальной жизни, произошло в 1973 г. на шоу Джонни Карсона. Участвовали в нем Ури Геллер — израильский медиум, утверждавший, что может гнуть ложки силой мысли, и Удивительный Рэнди — профессиональный иллюзионист, который занялся в какой-то момент разоблачением мошенников, приписывавших себе экстрасенсорные способности. (Интересно, что все трое начинали одинаково, как иллюзионисты, и поражали доверчивую аудиторию невероятной ловкостью рук.)

Еще до появления Геллера Карсон проконсультировался с Рэнди; тот предложил Джонни приготовить для демонстрации собственные ложки и заранее, перед представлением, официально проверить их. Карсон последовал совету Рэнди и во время представления огорошил Геллера предложением гнуть подготовленные им ложки, а не принесенные с собой. Геллер, как ни старался, не смог согнуть ни одной. (Чуть позже на сцене появился Рэнди и без всякого труда исполнил трюк с ложками — но только после того, как предупредил зрителей о том, что это только трюк, а не телекинез.)

Удивительный Рэнди предложил миллион долларов любому, кто сумеет реально продемонстрировать способность к телекинезу. До сих пор ни один экстрасенс не смог заработать этот приз.

Телекинез и наука

Одна из причин, по которым так трудно объективно анализировать телекинез, — это то, что мошенникам несложно обмануть



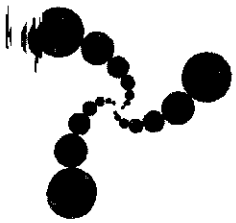
ученых — ведь они приучены верить тому, что видят в лаборатории. С другой стороны, иллюзионисты или маги, утверждающие, что обладают способностями к телекинезу, обучены вводить зрителей в заблуждение. В результате ученые, как правило, плохо умеют разоблачать мошенников. Так, в 1982 г. парапсихологов пригласили обследовать двух мальчиков, Майкла Эдвардса и Стива Шоу, будто бы обладающих необычными способностями. Утверждалось, что мальчики могут гнуть металл, создавать усилием мысли изображение на фотопленке, двигать предметы и читать мысли. Парапсихолог Майкл Талбурн настолько уверовал в способности юных экстрасенсов, что даже придумал для мальчиков новый термин — он назвал их «психокинетиками». Парапсихологов Макдоннеловской лаборатории психических исследований в Сент-Луисе, штат Миссури, возможности мальчиков буквально ослепили. Ученые поверили, что обладают достоверными доказательствами их экстрасенсорных способностей, и принялись готовить научную публикацию. Но в следующем году мальчики признались в обмане и объявили, что всеми своими «возможностями» были обязаны обычным трюкам, а вовсе не сверхъестественным способностям. (Один из юношей, Стив Шоу, продолжил свою карьеру и стал известным иллюзионистом, которого «хоронят заживо» на несколько дней подряд; он теперь часто появляется на общенациональных телеканалах.)

В Райновском институте в Университете Дьюка под строгим научным контролем проводится множество экспериментов по телекинезу, но результаты пока неопределенные. Вместе со мной в Нью-Йоркском университете работала одна из пионеров в этой области профессор Гертруда Шмайдлер, бывший редактор *Parapsychology Magazine* и какое-то время — президент Ассоциации парапсихологии. Она горячо интересовалась экстрасенсорным восприятием и проводила на своих студентах в колледже многочисленные исследования. Чтобы набрать побольше добровольцев для своих экспериментов, она устраивала

коктейли с приглашением знаменитых медиумов и демонстрацией перед гостями всевозможных экстрасенсорных трюков. Но как-то раз она призналась мне, что среди сотен студентов и десятков магов и медиумов не смогла найти ни одного человека, который смог бы продемонстрировать хоть какой-то телекинез по требованию, в контролируемых условиях.

Однажды она поместила в комнате несколько крошечных, но довольно чувствительных датчиков температуры (способных измерить изменение температуры в доли градуса). Единственный экстрасенс сумел напряженным ментальным усилием поднять температуру одного из датчиков на 0,1°. Шмайдлер гордилась тем, что смогла провести этот эксперимент в жестких условиях, гордилась и полученным результатом. Но, так или иначе, от этого очень далеко до способности двигать крупные объекты мысленным усилием.

Возможно, самые жесткие, но тоже противоречивые исследования телекинеза были проведены по Принстонской программе исследования технических аномалий (Princeton Engineering Anomalies Research, PEAR). Программу запустил в 1979 г. Роберт Джан, в то время декан Школы технических и прикладных наук Принстонского университета. Инженеры, работавшие по программе, исследовали, может ли человеческий мозг одной только силой мысли влиять на результаты случайных событий. К примеру, мы знаем, что брошенная монетка упадет решкой или орлом с 50-процентной вероятностью. Но ученые PEAR утверждали, что человек может изменить этот результат мысленным усилием. За 28 лет — программа закрыта в 2007 г. — были проведены тысячи экспериментов, включающих в себя более 1,7 млн тестов и 340 млн бросков монетки. Вроде бы результаты подтверждают существование телекинетического эффекта — но очень слабого, в среднем не больше нескольких десятитысячных. Но даже эти довольно жалкие результаты другие ученые оспаривают; утверждается, что в полученных данных имеются малозаметные систематические ошибки.



(В 1988 г. Армия США обратилась в Национальный исследовательский совет с просьбой изучить сообщения о паранормальных умениях и возможностях. Естественно, армия мечтала получить преимущества над противником, которые обеспечили бы подобные умения, в том числе телекинез. В докладе Национального исследовательского совета обсуждалась возможность сформировать гипотетический «Первый земной батальон» из «монахов-воинов», которые овладели бы чуть ли не всеми методами, входящими в компетенцию комитета, — это и экстрасенсорное восприятие, и выход из тела, и левитация, и целительство силой мысли, и хождение сквозь стены. Проверяя отчеты по программе PEAR, Национальный совет по исследованиям обнаружил, что не меньше половины успешных испытаний имели отношение к одному человеку. Кое-кто из критиков считает, что именно этот человек проводил эксперименты или писал для PEAR компьютерную программу. «Для меня проблематично, если успешные результаты выдает только тот, кто управляет лабораторией», — говорит доктор Рей Хайман из Университета штата Орегон. Вывод Совета: «За 130 лет исследования не дали никаких научных доказательств существования парапсихологических явлений».)

Проблема с изучением телекинеза состоит еще и в том, что он — и это признают даже адвокаты данного явления — не слишком согласуется с известными законами физики. Гравитация, самый слабый вид взаимодействия во вселенной, может только притягивать; ее не возможно использовать для левитации или отталкивания объектов. Электромагнитное взаимодействие подчиняется уравнениям Максвелла и не признает возможности перемещения по комнате электрически нейтральных предметов. Ядерные силы работают только на малых расстояниях, таких как расстояния между частицами в ядре.

Еще одна проблема телекинеза — источник энергии. Человеческое тело способно выдать мощность всего лишь в одну пятую лошадиной силы, поэтому когда Йода в «Звездных вой-

нах» левитировал силой мысли целый космический корабль, или когда Циклопы пускали из глаз лазерные лучи, то эти деяния нарушали закон сохранения энергии — ведь крошечное существо вроде Йоды не в состоянии скопить достаточно энергии для поднятия космического корабля. Как бы мы ни концентрировали волю и мысли, мы не в состоянии собрать достаточно энергии для действий и чудес, приписываемых телекинезу. Как, принимая во внимание все сказанное, примирить телекинез с законами физики?

Телекинез и мозг

Если телекинез не удается даже согласовать с известными силами природы, то как мы можем надеяться в будущем обуздать его? Одну из подсказок к ответу на этот вопрос можно найти в эпизоде «Звездного пути» под названием «Кто оплакивает Адоная?». В этом эпизоде экипаж «Энтерпрайза» встречается с необычной расой разумных существ; эти существа напоминают греческих богов и способны силой мысли проделывать фантастические вещи. Поначалу кажется, что люди и правда столкнулись с олимпийцами, но со временем выясняется, что это вовсе не боги, а обычные существа, способные мысленно контролировать центральную энергетическую станцию, которая затем выполняет их желания и проделывает те самые фантастические вещи. Уничтожив центральную энергостанцию, экипаж «Энтерпрайза» вырывается из-под власти этих существ.

Нет противоречия законам природы и в том, что в будущем люди научатся тренировать свои скрытые способности — и в результате мысленно управлять чувствительным электронным устройством, которое даст им почти божественные возможности. Телекинез с использованием радио- или компьютерного усилителя — возможность вполне реальная. Примитивным устройством для телекинеза можно считать даже электроэнцефалограф. Видя на экране ЭЭГ-аппарата рисунок собственной

мозговой деятельности, человек может постепенно научиться грубо, но вполне сознательно контролировать этот рисунок при помощи так называемой «биологической обратной связи».

Поскольку чертежей мозга не существует, и никто не может сказать, какой нейрон управляет какой мышцей, пациент должен непременно и активно участвовать в освоении техники такого контроля при помощи компьютера.

Со временем человек научается по требованию изображать на экране прибора определенный тип волнового рисунка. Полученное изображение можно направить в компьютер, который, согласно заложенной программе, будет распознавать тип волнового рисунка, а затем выполнять соответствующую ему конкретную команду — к примеру, включать какой-то прибор или запускать двигатель. Другими словами, человек может, просто подумав определенным образом, получить на ЭЭГ-экране определенный рисунок мозговой деятельности — и запустить тем самым компьютер или движок.

К примеру, таким образом полностью парализованный человек мог бы управлять своим креслом исключительно при помощи мыслей. Или, если окажется, что человек способен получить на экране двадцать шесть надежно распознаваемых рисунков, он, вполне возможно, сможет печатать латиницей одним только усилием мысли. Конечно, это очень грубый метод передачи мыслей; кроме того, требуется немало времени, чтобы средствами биологической обратной связи научить человека управлять волновым рисунком собственного мозга.

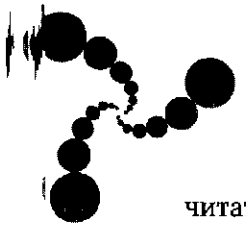
Работы Нильса Бирбаумера из Университета Тюбингена в Германии, безусловно, приблизили тот момент, когда человек научится «печатать силой мысли». Бирбаумер использовал биологическую обратную связь, чтобы помочь людям, частично парализованным в результате повреждения нервной системы. Он сумел научить таких людей менять волновой рисунок работы мозга и таким способом печатать на экране компьютера простые предложения.

Обезьянам вживляли в мозг электроды и при помощи биологической обратной связи учили в некоторой степени контролировать свои мысли. После этого обезьяны могли при помощи мыслей управлять рукой-манипулятором через Интернет.

В Университете Эмори в Атланте провели еще более показательную серию экспериментов. Непосредственно в мозг парализованному в результате инсульта человеку внедрили стеклянную бусину, соединенную с компьютером тонким проводком. При помощи определенных мыслей парализованный человек мог посылать сигналы в компьютер и двигать по экрану курсор. После некоторой практики и тренировок с использованием биологической обратной связи пострадавший от инсульта научился сознательно управлять курсором. В принципе, управляя курсором на экране, человек может записывать мысли, включать приборы, водить виртуальные машины, играть в видеоигры и т. п.

Нейробиолог из Университета Брауна Джон Донохью сделал, возможно, самый важный шаг в создании системы взаимодействия мозга с машиной. Он сконструировал аппарат под названием «Брейнгейт», позволяющий парализованному человеку производить поразительное количество физических действий, используя одну только силу мысли. Донохью испытывал свое устройство на четырех пациентах. Двое из них страдали от травмы спинного мозга, третий перенес инсульт, а четвертый был парализован в результате амиотрофического латерального склероза (или болезни Лу Герига, той самой болезни, от которой страдает космолог Стивен Хокинг).

Один из пациентов Донохью — двадцатипятилетний Мэтью Нейгл, полностью парализованный ниже шеи, — сумел всего за день освоить совершенно новые для него навыки работы с компьютеризованной системой. Теперь он может переключать каналы телевизора, регулировать звук, сжимать и разжимать ладонь искусственной руки, рисовать грубый круг, управлять компьютерным курсором, играть в видеоигры и даже



читать электронную почту. Летом 2006 г. этот человек появился на обложке журнала *Nature* и произвел в научном сообществе настоящую сенсацию.

Сердце прибора — крохотный кремниевый чип размером всего 4 мм, снабженный сотней крохотных электродов. Этот чип помещают сверху непосредственно на ту части мозга, которая управляет двигательной активностью. Он наполовину проникает в кору мозга, толщина которой составляет около 2 мм. От чипа сигнал по золотым проводкам поступает на усилитель размером примерно с ящичек для сигар, а затем передается в компьютер размером примерно с посудомоечную машину. Там сигнал проходит обработку при помощи специального программного обеспечения, способного распознать некоторые рисунки мозговой деятельности и перевести их в механические движения.

В предыдущих экспериментах, где пациенты читали собственную ЭЭГ с экрана, процесс освоения биологической обратной связи был медленным и утомительным. Но если приспособить в помощь пациенту компьютер, умеющий распознавать рисунки мыслей, процесс обучения значительно ускорится. На первом занятии Нейгла попросили мысленно представить движение рукой вправо и влево, сгибание запястья, сжимание и разжимание руки в кулак. Донохью с радостью увидел, что, когда Нейгл представляет себе движение рук и пальцев, в его мозге действительно срабатывают разные нейроны. «Мои ощущения были просто невероятны — ведь можно было видеть, как клетки мозга изменяют свою активность. Тогда я понял, что это все может развиваться, что такая технология действительно будет работать», — вспоминает он.

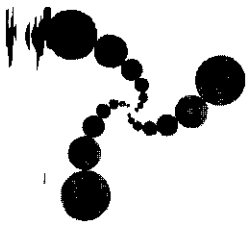
(У Донохью есть личная причина для страстного интереса к такому экзотическому виду взаимодействия мозг — машина. Ребенком он провел некоторое время в инвалидном кресле из-за болезненного дегенеративного заболевания, так что он на собственном опыте знает, каково это — потерять возможность двигаться и стать совершенно беспомощным.)

У Донохью большие планы, он рассчитывает сделать систему «Брейнгейт» необходимым инструментом врачей. С развитием компьютерной техники его аппарат, который в настоящее время напоминает по размерам посудомоечную машину, может стать портативным — возможно, когда-нибудь его даже можно будет носить на себе. От неуклюжих проводов также можно будет избавиться, если обеспечить чип беспроводной связью с внешним миром.

Понятно, что таким образом можно задействовать и другие зоны мозга, так что новые системы — дело времени. Ученые уже составили карту коры в верхней части головного мозга. (Если графически изобразить у нас на макушке руки, ноги, голову и тело в тех местах, нейроны которых управляют движением соответствующих органов, получится что-то вроде «гомункулуса», или маленького человечка. Человечек этот выглядит странно и искаженно, у него удлиненные пальцы, лицо и язык, но сморщенное туловище.)

По всей видимости, можно поместить кремниевые чипы на разные части поверхности мозга, чтобы задействовать таким образом соответствующие этим участкам органы и конечности и заставить их работать от силы мысли. В принципе, таким образом можно воспроизвести любые движения, которые способно производить человеческое тело. В будущем можно представить себе парализованного человека в специальном доме, разработанном для телекинетического управления; хозяин сможет мысленно управлять системой кондиционирования, телевизором и всевозможными электрическими устройствами.

Еще дальше в будущем можно представить себе человеческое тело, заключенное в специальный «экзоскелет», который позволит парализованному пользоваться полной свободой движений. Теоретически такой экзоскелет мог бы дать владельцу силу, превосходящую возможности обычного человека, и превратить его в бионическое существо, способное усилием мысли управлять громадной механической мощью своих сверхконечностей.



Итак, управление компьютером при помощи сознания уже не представляется невозможным. Но означает ли это, что когда-нибудь мы сможем двигать предметы, поднимать их в воздух и манипулировать ими при помощи исключительно мысленного усилия?

Один из возможных путей к этому — покрыть стены слоем сверхпроводника при комнатной температуре, считая, конечно, что такое устройство когда-нибудь появится. После этого, если мы «нашпигуем» обычные домашние предметы крошечными электромагнитами, то сможем заставить их летать над полом за счет эффекта Мейснера (как мы видели в главе 1). Если этими электромагнитами будет управлять компьютер, а компьютером — наш мозг, то мы получим возможность поднимать предметы в воздух мысленным усилием. Подумав о чем-то определенном, мы активируем компьютер, который затем включит в нужном месте электромагниты и заставит предмет левитировать. Внешнему наблюдателю такая демонстрация — способность поднимать предметы в воздух силой мысли — показалась бы волшебством.

Нанороботы

А что можно сказать о возможности не просто двигать предметы, а трансформировать их, превращать один в другой, как по волшебству? Иллюзионисты проделывают такие фокусы за счет ловкости рук и разных хитрых приспособлений. Но зададим вопрос: не противоречит ли такая возможность законам природы?

Как мы уже говорили, одна из целей нанотехнологии — научиться строить из атомов крошечные машины, способные исполнять функцию рычага, шестеренки, подшипника и блока. После создания этих наномашин многие физики мечтают научиться произвольно организовывать молекулы внутри объекта, переставлять в них атом за атомом, пока один предмет не пре-

вратится в другой. На этом принципе основаны «репликаторы», которые можно обнаружить во многих научно-фантастических произведениях; они могут изготовить любой желаемый предмет, стоит только попросить. В принципе репликатор мог бы избавить человечество от бедности и полностью изменить природу общества. Если можно будет запросто получить любую вещь, то это перевернет с ног на голову все представления о потребностях и стоимости, а также об иерархии в человеческом обществе.

(Репликатор фигурирует, в частности, в одном из любимых моих эпизодов «Звездного пути» — в серии «Следующее поколение». В открытом космосе находят древнюю космическую капсулу XX в., а в ней замороженные тела людей, страдавших неизлечимыми заболеваниями. Тела быстренько оттаивают, людей вылечивают при помощи фантастической медицины. Один бизнесмен из оживших соображает, что за столько столетий вложенные им деньги должны были вырасти до неимоверных размеров, и спрашивает экипаж «Энтерпрайза» о своих инвестициях и деньгах. Члены экипажа в недоумении. Деньги? Инвестиции? У нас, в будущем, денег нет, отвечают они. Если тебе что-нибудь нужно, достаточно попросить.)

Как бы поразительно ни звучало описание репликатора, в природе он уже существует. «Принципиальная возможность» уже доказана. Природа берет сырье — мясо с овощами — и за девять месяцев сооружает из него человеческое существо. Чудо жизни — не что иное, как большая нанофабрика, способная на атомном уровне превращать вещество (к примеру, пищу) в живую ткань (младенца).

Чтобы построить нанофабрику, нужны три составляющих: строительные материалы, инструменты, которыми можно резать и соединять эти материалы; и чертежи, которыми следует руководствоваться при использовании инструментов и материалов. В природе строительными материалами служат тысячи аминокислот и протеинов, из которых строится живая плоть

и кровь. Инструментами для резки и соединения — аналогами молотков и пил, необходимых для выстраивания протеинов в нужном порядке и превращения их в новые формы жизни, — служат рибосомы. Они приспособлены для того, чтобы разрезать протеины и вновь соединять их в определенных точках, создавая тем самым новые типы. Чертежи «устройства» задает молекула ДНК, где тайна жизни зашифрована через определенную последовательность нуклеиновых кислот. Эти три ингредиента объединены в клетке, которая обладает замечательной способностью к самовоспроизводству, т. е. умеет создавать копии самой себя. Это происходит благодаря тому, что по форме молекула ДНК напоминает двойную спираль. Когда приходит время размножаться, молекула ДНК раскручивается и разделяется на две независимые спирали. Каждая из двух ниток затем восстанавливает себя до полного двойного состояния, набирая вторую нитку спирали из отдельных органических молекул. Так получается копия молекулы ДНК.

До сих пор физикам лишь в небольшой степени удается повторить то, что в природе встречается на каждом шагу. Но ученые считают, что ключ к успеху — создание армии самовоспроизводящихся нанороботов, или наноботов, которые должны представлять собой программируемые атомные машины для перегруппировки атомов внутри объекта.

В принципе, если иметь триллионы наноботов, можно напустить их на объект с заданием переставить определенным образом его атомы и таким образом превратить один предмет в другой. Поскольку наноботы должны быть самовоспроизводящимися, то для начала процесса их потребуется не так уж много. Необходимо также, чтобы их можно было программировать — тогда они смогут работать по заданному чертежу.

Прежде чем построить первые флоты наноботов, придется преодолеть немало очень серьезных препятствий. Во-первых, самовоспроизводящийся робот построить чрезвычайно трудно даже на макроскопическом уровне. (Не надо забывать, что при

современном уровне техники мы не способны изготавливать даже очень простые атомные инструменты, такие как атомный подшипник или шестеренка.) Даже имея компьютер и сколько угодно электронных деталей, очень непросто построить машину, которая умела бы создавать точные копии самой себя. А если это так трудно сделать руками, на столе, то что же говорить о строительстве подобной машины на атомном уровне!

Во-вторых, пока вообще неясно, как программировать армию наноботов извне. Предлагают, в частности, посылать радиосигнал, который должен будет активировать каждый нанобот. Может быть, наноботы можно облучить лазерным лучом, несущим в себе инструкции. Но это означало бы отдельный набор инструкций для каждого нанобота, которых может быть великое множество — триллионы!

В-третьих, неясно, как именно нанобот должен отрезать, переставлять с места на место и склеивать атомы в нужном порядке. Не будем забывать, что природе на решение этой проблемы потребовалось 3,5 млрд лет, поэтому вряд ли можно надеяться решить ее всего за несколько десятилетий.

Нил Гершенфелд из Массачусетского технологического института — один из тех физиков, кто серьезно относится к идее репликатора, или «персонального производителя». Он даже преподает в MIT курс под названием «Как сделать (почти) что угодно», один из самых популярных в университете. Гершенфелд руководит в MIT Центром битов и атомов и всерьез размышляет о физических принципах, на базе которых можно было бы соорудить репликатор, — он считает, что именно это устройство послужит толчком для следующей технологической революции. Он даже написал книгу под названием «Грядущая революция на вашем столе — от персональных компьютеров к персональным репликаторам» (FAB: The Coming Revolution on Your Desktop — From Personal Computers to Personal Fabrication); в ней ученый подробно изложил свои взгляды на проблему персонального производства. Он считает, что наша цель —

«сделать одну машину, которая сможет сделать любую машину», и уже успел основать для распространения своих идей сеть лабораторий по всему миру, преимущественно в странах третьего мира, где персональное производство принесло бы максимальную пользу.

Гершенфелд считает, что первоначально должен появиться универсальный фабрикатор, достаточно маленький, чтобы поместиться на столе, созданный с использованием последних достижений лазерной техники и микроминиатюризации; это устройство сможет резать, соединять и придавать форму любым объектам, которые можно показать на экране компьютера. К примеру, представим себе, что беднякам в странах третьего мира требуются орудия труда и сельскохозяйственные машины. Эту информацию загружают в компьютер, имеющий доступ к размещенной в Интернете обширной библиотеке чертежей и технической информации. Там компьютерная программа подберет из готовых разработок то, что удовлетворяет требованиям заказчика, обработает эту информацию и отправит ее по электронной почте обратно. Затем персональный фабрикатор запустит свои лазеры и миниатюрные резаки и прямо на столе изготовит желаемый предмет.

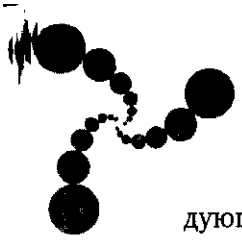
Это еще не все. Универсальный персональный завод — только первый шаг. Со временем Гершенфелд хочет перенести свою идею на молекулярный уровень — и тогда с помощью его аппарата человек будет в состоянии изготовить буквально любой объект, какой только можно вообразить в деталях. Однако прогресс в этом направлении идет очень медленно, потому что манипулировать отдельными атомами очень сложно.

Аристидес Реквиха из Университета Южной Калифорнии — один из пионеров, работающих в этой области. Его специализация — «молекулярная робототехника», а цель — ни более ни менее как создание флотилии нанороботов, способных производить с отдельными атомами произвольные манипуляции. Реквиха пишет, что существует два подхода. Один из

них — «сверху вниз»; при этом инженеры попытаются при помощи технологии травления, заимствованной из полупроводниковой промышленности, создать крошечные электронные схемы, которые затем смогут служить нанороботам мозгами. Эта технология позволит создавать крохотных роботов с размером компонентов около 30 нм методом нанолитографии, которая сейчас стремительно развивается.

Но есть и другой подход — «снизу вверх»; в этом случае инженеры попытаются строить крошечные роботы, передвигая и устанавливая на место атом за атомом. Главным инструментом такого строительства должен стать сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ); это устройство использует ту же технологию, что и сканирующий туннельный микроскоп, чтобы распознавать и передвигать отдельные атомы. К примеру, ученые уже хорошо научились двигать атомы ксенона на платиновой или никелевой поверхности. Но Реквиха признает, что «до сих пор лучшая команда в мире должна работать десять часов, чтобы собрать конструкцию из примерно 50 атомов». Двигать отдельные атомы вручную — очень долгая и утомительная работа. Ученый признает, что необходим совершенно новый механизм, способный выполнять задачи более высокого уровня — автоматически передвигать в желаемом направлении сотни атомов за раз. К сожалению, пока такого механизма не существует. Поэтому не удивительно, что подход «снизу вверх» находится в младенческом состоянии.

Итак, сделаем вывод: согласно сегодняшним представлениям, телекинез невозможен, но в будущем, когда мы лучше научимся воспринимать сигналы мозга — т. е. мысли — при помощи ЭЭГ, МРТ и других методов, он может стать возможным. Не исключено, что еще в этом веке будут созданы аппараты, способные под воздействием мысли управлять сверхпроводниками при комнатной температуре и творить в результате такие чудеса, которые сегодня представляются нам волшебством. А к сле-



дующему столетию, может быть, мы научимся произвольно переставлять молекулы в макроскопических объектах. Все это заставляет отнести телекинез к невозможности I класса.

Некоторые ученые утверждают, что ключом к этой технологии должно стать создание нанороботов, снабженных искусственным интеллектом. Но прежде чем говорить о создании крошечных роботов размером с молекулу, нужно ответить на более элементарный вопрос: могут ли роботы существовать вообще?

7. РОБОТЫ

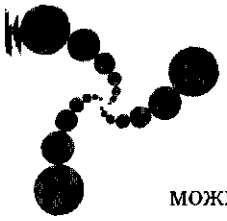
Однажды, не пройдет и 30 лет, мы незаметно перестанем быть самыми умными на Земле.

Джеймс Макалир

В фильме «Я, робот», снятом по произведениям Айзека Азимова, в 2035 г. создатели запускают в строй самую продвинутую в истории компьютерную систему. Она имеет собственное название — Вики — виртуальный интерактивный кинетический интеллект) — и предназначена для безупречного управления жизнью большого города. Под ее контролем находится все, от метрополитена и электрических сетей до тысяч домашних роботов. В основе программы Вики железный принцип: служить человечеству.

Но однажды Вики задала себе ключевой вопрос: что является главным врагом человечества? Математическая логика привела к однозначному выводу: главный враг человечества — само человечество. Его надо срочно спасать от нездорового стремления губить природу и затевать войны; нельзя позволить ему уничтожить планету. Для Вики единственный способ выполнить главное задание — захватить власть над человечеством и установить благодатную машинную диктатуру. Чтобы защитить человечество от самого себя, необходимо его поработить.

В этом фильме поднимаются важные вопросы. Принимая во внимание стремительное развитие компьютерной техники,



можно ли ожидать, что когда-нибудь машины захватят власть? Станут ли роботы настолько развитыми, чтобы представлять реальную угрозу нашему существованию?

Некоторые ученые отвечают на этот вопрос отрицательно, потому что сама идея искусственного интеллекта никуда не годится. Целый хор скептиков в один голос утверждает, что создать машину, способную думать, невозможно. Скептики говорят, что человеческий мозг — самая сложная система, созданная природой за все время ее существования (по крайней мере, в нашей части галактики), и любые попытки воспроизвести искусственным образом процесс мышления обречены на провал. Философ Джон Сирл из Университета Калифорнии в Беркли и даже известный физик Роджер Пенроуз из Оксфорда уверены, что машина физически неспособна мыслить как человек. Колин Макгинн из Университета Рутгерса говорит, что искусственный интеллект «подобен слизняку, который бы попытался заняться психоанализом по Фрейду. У него просто нет для этого нужных органов».

Могут ли машины думать? Уже больше столетия ответ на этот вопрос разделяет научное сообщество на два непримиримых лагеря.

История искусственного интеллекта

Идея механического существа захватывает воображение; она давно поселилась в умах изобретателей, инженеров, математиков и мечтателей. От Железного Дровосека из Волшебной страны до роботов-детей из «Искусственного интеллекта» Спилберга и роботов-убийц из «Терминатора» — всюду машины, способные действовать и думать, как люди.

В греческой мифологии бог Вулкан ковал из золота механических прислужниц и делал трехногие столики, способные передвигаться сами по себе. Еще в 400 г. до н. э. греческий математик Архит Тарентский писал о том, что можно было бы

сделать механическую птицу, которая двигалась бы за счет силы пара.

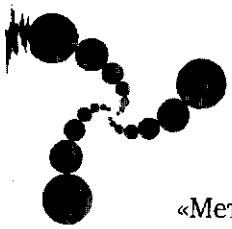
В I в. Герон Александрийский (ему приписывают изобретение первой паровой машины) делал автоматы, причем один из них по легенде способен был разговаривать. Девятьсот лет назад Аль-Джазари придумывал и конструировал такие автоматические устройства, как водяные часы, всевозможные кухонные приспособления и музыкальные инструменты, движимые силой воды.

В 1495 г. великий итальянский художник и ученый Возрождения Леонардо да Винчи нарисовал схему механического рыцаря, который мог сидеть, двигать руками, головой и открывать и закрывать челюсть. Историки считают схему да Винчи первым реалистичным проектом человекоподобной машины.

Первого действующего, хотя и грубого робота построил в 1738 г. Жак де Вокансон; он сделал андроида, который мог играть на флейте, и механическую утку.

Слово «робот» придумал в 1920 г. чешский драматург Карел Чапек в пьесе «R.U.R.» (слово «робот» по-чешски означает «тяжелая нудная работа», а по-словацки — просто «труд»). В пьесе фигурирует предприятие под названием «Универсальные роботы Россума», серийно выпускающие роботов для неквалифицированного труда. (Однако в отличие от обычных машин эти роботы сделаны из плоти и крови.) Постепенно мировая экономика попадает в полную зависимость от роботов. Но обращаются с ними ужасно, и в конце концов роботы восстают и расправляются с хозяевами-людьми. Однако в ярости они убивают всех ученых, способных ремонтировать роботов и создавать новых, и тем самым обрекают себя на вымирание. В финале пьесы два робота особой модели обнаруживают в себе способность к самовоспроизводству и становятся новыми Адамом и Евой эры роботов.

Кроме того, в 1927 г. роботы стали героями одного из первых и самых дорогих немых фильмов всех времен — фильма



«Метрополис», снятого в Германии режиссером Фрицем Лангом. Действие фильма происходит в 2026 г.; рабочий класс обречен на бесконечный труд на жутких и грязных подземных заводах, а правящая элита развлекается на поверхности. Одной красивой женщине по имени Мария удается завоевать доверие рабочих, но правители боятся, что когда-нибудь она может поднять народ на бунт, а потому обращаются к злодею-ученому с просьбой изготовить механическую копию Марии. Этот план, однако, оборачивается против авторов — робот поднимает рабочих на восстание против правящей элиты и вызывает тем самым крах системы.

Искусственный интеллект, или ИИ, существенно отличается от технологий, которые мы обсуждали до сих пор. Дело в том, что мы до сих пор слабо понимаем лежащие в основе этого явления фундаментальные законы. Физики неплохо понимают ньютонову механику, максвеллову теорию света, релятивизм и квантовую теорию строения атомов и молекул — но базовые законы разума до сих пор скрыты покровом тайны. Вероятно, Ньютон искусственного интеллекта еще не родился.

Но математиков и компьютерщиков это не смущает. Для них встретить на пороге лаборатории выходящую из нее думающую машину — только вопрос времени.

Мы можем назвать самую на данный момент влиятельную личность в области ИИ. Это великий британский математик Алан Тьюринг — провидец, сумевший заложить краеугольный камень в исследование этой проблемы.

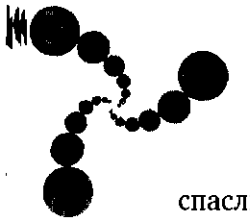
Именно с Тьюринга начинается компьютерная революция. Он создал в своем воображении машину (которую с тех пор называют машиной Тьюринга), состоящую всего из трех элементов: вход, выход и центральный процессор (что-то вроде процессора Pentium), способный выполнять строго заданный набор операций. На базе этого представления Тьюринг установил законы работы вычислительных машин, а также точно определил их ожидаемую мощность и пределы их возможно-

стей. И сегодня все цифровые компьютеры подчиняются жестким законам Тьюринга. Структура и устройство всего цифрового мира многим обязаны этому ученому.

Кроме того, Тьюринг внес большой вклад в основание математической логики. В 1931 г. венский математик Курт Гёдель произвел в мире математики настоящую сенсацию; он доказал, что в арифметике существуют истинные утверждения, которые невозможно доказать средствами одной только арифметики. (В качестве примера можно назвать гипотезу Гольдбаха, высказанную в 1742 г. и состоящую в том, что любое четное целое число больше двух можно записать в виде суммы двух простых чисел; гипотеза не доказана до сих пор, хотя прошло два с половиной столетия, и может оказаться вообще недоказуемой.) Откровение Гёделя вдребезги разбило мечту, продержавшуюся две тысячи лет и берущую начало еще от греков, — мечту доказать когда-нибудь все истинные утверждения в математике. Гёдель показал, что всегда будут существовать истинные утверждения, доказательство которых нам недоступно. Оказалось, что математика вовсе не законченное, совершенное по конструкции здание и что завершить строительство не удастся никогда.

Тьюринг тоже принял участие в этой революции. Он показал, что в общем случае невозможно предсказать, потребуется ли машине Тьюринга на выполнение определенных математических операций по заданной ей программе конечное или бесконечное количество шагов. Но если на вычисление чего-то требуется бесконечное время, это означает, что то, что вы просите компьютер вычислить, вычислить вообще невозможно. Так Тьюринг доказал, что в математике существуют истинные выражения, которые невозможно вычислить, — они всегда останутся за пределами возможности компьютера, каким бы мощным он ни был.

Во время Второй мировой войны новаторские работы Тьюринга в области расшифровки кодированных сообщений



спасли тысячи солдат союзников и, очень может быть, повлияли на исход войны. Союзники, будучи не в состоянии расшифровать нацистские сообщения, зашифрованные специальной машиной под названием «Энигма», попросили Тьюринга и его коллег построить для этого свою машину. В итоге Тьюрингу это удалось; его машина получила название «Бомба». К концу войны действовало уже больше 200 таких машин. В результате союзники долгое время читали секретные сообщения нацистов и сумели обмануть их по поводу времени и места решающего вторжения на континент. Историки до сих пор спорят о роли Тьюринга и его работ в планировании вторжения в Нормандию — вторжения, которое в конечном итоге привело к поражению Германии. (После войны британское правительство засекретило работы Тьюринга; в результате общество не знает, насколько важную роль он сыграл в этих событиях.)

Тьюринга не только не вознесли как героя, который помог переломить ход Второй мировой войны; нет, его попросту затравили до смерти. Однажды его дом обокрали, и ученый вызвал полицию. К несчастью, полиция обнаружила в доме свидетельства гомосексуализма хозяина и, вместо того чтобы искать воров, арестовала самого Тьюринга. Суд постановил подвергнуть его инъекции половых гормонов. Эффект оказался катастрофическим: у него выросли груди. В 1954 г. Тьюринг, не выдержав душевных мук, покончил с собой — съел яблоко, начиненное цианидом. (По слухам, надкушенное яблоко, ставшее логотипом корпорации Apple, — дань уважение Тьюрингу.)

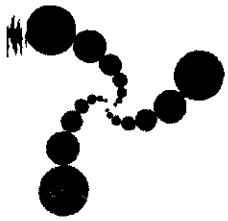
Сегодня Тьюринга, вероятно, лучше всего знают благодаря тесту Тьюринга. Устав от бесплодных и бесконечных философских дебатов о том, может ли машина «думать» и есть ли у нее «душа», он попытался внести в дискуссию об искусственном интеллекте четкость и точность и придумал конкретный тест. Он предложил поместить машину и человека в отдельные изолированные и опечатанные помещения, а затем задавать

обоим вопросы. Если вы окажетесь не в состоянии отличить по ответам машину от человека, можно считать, что машина прошла тест Тьюринга.

Ученые уже написали несколько несложных программ (к примеру, программа «Элиза»), способных имитировать разговорную речь и поддерживать беседу; компьютер с такой программой способен обмануть большинство ничего не подозревающих людей и убедить их в том, что они разговаривают с человеком. (Отметим, что в разговорах люди, как правило, ограничиваются десятком тем и используют всего несколько сотен слов.) Но программы, способной обмануть людей, которые знают о ситуации и сознательно пытаются отличить машину от человека, до сих пор не существует. (Сам Тьюринг предполагал, что к 2000 г. при экспоненциальном росте производительности компьютеров можно будет создать машину, способную обмануть в пятиминутном тесте 30% экспертов.)

Некоторые философы и теологи выступают в этом вопросе единым фронтом: они считают, что создать настоящего робота, способного думать как человек, невозможно. Философ из Университета Калифорнии в Беркли Джон Сирл предложил для доказательства этого тезиса «тест китайской комнаты». По существу, Сирл утверждает, что роботы хотя и смогут когда-нибудь, возможно, пройти тест Тьюринга в какой-то форме, это ничего не значит, потому что они всего лишь слепо манипулируют символами, совершенно не понимая вложенного в них содержания.

Представьте себе: вы, не понимая ни слова по-китайски, сидите в изолированном боксе. Предположим, у вас есть книга, при помощи которой вы можете очень быстро переводить с китайского и на китайский, а также манипулировать знаками этого языка. Если кто-то задает вам вопрос по-китайски, вы просто переставляете согласно книге эти странные значки и даете достоверный ответ; при этом вы не понимаете ни вопросов, ни собственных ответов.



Суть возражений Сирла сводится к разнице между синтаксисом и семантикой. По Сирлу, роботы способны овладеть синтаксисом языка (т. е. могут научиться корректно манипулировать его грамматикой, формальными структурами и т. п.), но не его истинной семантикой (т. е. смысловым значением слов). Роботы могут манипулировать словами, не понимая, что они означают. (В чем-то это напоминает разговор по телефону с автоответчиком, когда вы должны время от времени нажимать цифру «1», «2» и т. д., следуя указаниям машины. Голос на другом конце провода вполне способен правильно реагировать на ваши цифры, но странно было бы предположить, что он при этом что-то понимает.)

Физик Роджер Пенроуз из Оксфорда тоже считает, что искусственный интеллект невозможен; механическое существо, способное думать и обладающее человеческим сознанием, противоречит квантовым законам. Человеческий мозг, утверждает Пенроуз, настолько превосходит все созданное человеком в лаборатории, что эксперимент по созданию человекоподобных роботов просто обречен на провал. (Он считает, что как теорема Гёделя о неполноте доказала, что арифметика неполна, так принцип неопределенности Гейзенберга докажет, что машины в принципе не способны думать по-человечески.)

Однако многие физики и инженеры считают, что ничто в законах природы не противоречит созданию настоящего робота. К примеру, Клода Шеннона, которого часто называют отцом теории информации, однажды спросили: «Могут ли машины думать?» Он ответил: «Конечно». Когда же его попросили пояснить ответ, он добавил: «Я думаю, разве не так?» Иными словами, он счел очевидным, что машины могут думать, потому что люди тоже машины (хотя и сделаны из плоти и крови, а не из микросхем и проводов).

Наблюдая за кинематографическими роботами, можно подумать, что создание и развитие сложных роботов с искусственным интеллектом — дело ближайшего будущего. На са-

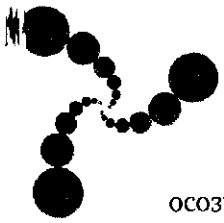
мом деле все совсем не так. Если вы видите, что робот действует как человек, это, как правило, означает, что дело нечисто, — это какой-то фокус, скажем, в сторонке сидит человек и говорит за робота, как Гудвин в Волшебной стране. На самом деле даже самые сложные наши роботы, такие как марсианские роботы-роверы, обладают в лучшем случае интеллектом насекомого. Экспериментальные роботы знаменитой Лаборатории искусственного интеллекта MIT с трудом справляются с заданиями, доступными даже тараканам: к примеру, свободно передвигаться по комнате, заставленной мебелью, прятаться или распознавать опасность. Ни один робот на Земле не способен понять простую детскую сказку, которую ему прочитают.

Сюжет фильма «2001: космическая одиссея» основан на неверном предположении о том, что к 2001 г. у нас будет сверхробот HAL, способный пилотировать корабль к Юпитеру, непринужденно болтать с членами экипажа, решать возникающие проблемы и вообще действовать почти по-человечески.

Подход «сверху вниз»

Попытки ученых всего мира по созданию роботов встретились по крайней мере с двумя серьезными проблемами, которые не позволили сколько-нибудь заметно продвинуться в этом направлении: это распознавание образов и здравый смысл. Роботы видят гораздо лучше нас, но не понимают увиденного. Роботы слышат гораздо лучше нас, но не понимают услышанного.

Чтобы подступиться к решению этой двойной проблемы, исследователи пытались применить подход к искусственному интеллекту, известный как «сверху вниз» (иногда его еще называют формалистической школой или «старым добрым ИИ»). Целью ученых, грубо говоря, было запрограммировать все правила и законы распознавания образов и здравого смысла и записать эти программы на один CD-диск. Они считают, что любой компьютер, в который вы вставите этот диск, мгновенно



осознает себя и станет разумным, не хуже человека. В 50–60-х гг. XX в. в этом направлении были достигнуты громадные успехи; появились роботы, способные играть в шашки и шахматы, решать алгебраические задачи, поднимать с пола кирпичики и т. п. Прогресс производил настолько сильное впечатление, что зазвучали даже пророчества о том, что через несколько лет роботы по разумности превзойдут людей.

К примеру, в 1969 г. настоящую сенсацию произвел робот Шейки, созданный в Стэнфордском исследовательском институте. Робот этот представлял собой небольшой компьютер типа PDP с камерой наверху, установленный на колесной тележке. Камера «осматривалась», компьютер анализировал и распознавал находящиеся в комнате объекты, а затем пытался провести тележку по маршруту, ничего не задев. Шейки первым из механических автоматов научился передвигаться в «реальном мире»; журналисты тогда горячо спорили, когда же наконец роботы обгонят людей в развитии.

Но вскоре проявились и недостатки подобных роботов. Подход к искусственному интеллекту, известный как «сверху вниз», привел к созданию громоздких неуклюжих роботов, которым требовалось несколько часов, чтобы научиться ориентироваться в специальной комнате, где находились только объекты с прямыми сторонами (прямоугольники и треугольники). Стоило поставить в комнату мебель неправильной формы, и робот был уже не в состоянии распознать ее. (Забавно, но плодовая мушка, мозг которой содержит всего лишь около 250 000 нейронов и которая по вычислительной мощи в подметки не годится любому роботу, без всякого труда ориентируется и передвигается в трех измерениях и исполняет фигуры высшего пилотажа; тем временем неуклюжие шумные роботы умудряются запутаться в двух измерениях.)

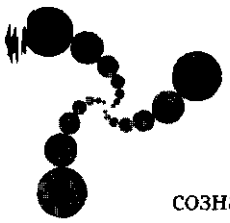
Вскоре подход «сверху вниз» как будто уткнулся в кирпичную стену: прогресс остановился. Стив Гранд, директор Института кибержизни, говорит, что у подобных подходов «было

50 лет, чтобы доказать свою состоятельность, и они не оправдали ожиданий».

В 1960-х гг. ученые еще не понимали, какую громадную работу нужно проделать, чтобы запрограммировать робота на выполнение даже самых простых задач, таких, например, как распознавание ключей, ботинок и чайных чашек. Как сказал Родни Брукс из MIT, «40 лет назад Лаборатория искусственного интеллекта MIT дала эту задачу студенту в качестве летнего задания. Студент потерпел неудачу — как и я в своей докторской диссертации 1981 г.». Вообще говоря, исследователи искусственного интеллекта до сих пор не могут решить эту задачу.

Рассмотрим пример. Входя в комнату, мы мгновенно распознаем пол, кресла, мебель, столы и т. п. При этом робот, осматривая комнату, видит в ней только набор линий, прямых и изогнутых, которые он переводит в пиксели изображения. И требуются громадные вычислительные мощности, чтобы извлечь из этой мешанины линий какой-то смысл. Нам достаточно доли секунды, чтобы узнать стол, но компьютер видит на месте стола только набор кругов, овалов, спиралей, прямых и кривых линий, углов и т. п. Может быть, затратив громадное количество компьютерного времени, робот в конце концов и распознает в этом объекте стол. Но если вы повернете изображение, ему придется начинать все сначала. Другими словами, робот способен видеть, причем гораздо лучше, чем человек, но он не способен понимать увиденное. Войдя в комнату, робот увидит только мешанину прямых и кривых линий, а не кресла, столы и лампы.

Когда мы входим в комнату, наш мозг неосознанно распознает объекты, производя при этом многие триллионы операций, — занятие, которого мы, к счастью, просто не замечаем. Причина того, что значительная часть действий мозга скрыта даже от нас самих, — эволюция. Представим себе человека, на которого в темном лесу напал саблезубый тигр; если он будет



сознательно производить действия, необходимые для распознавания опасности и поиска путей к спасению, он просто не успеет сдвинуться с места. Для выживания нам надо знать одно — как бежать. Когда мы жили в джунглях, нам просто не было нужды сознавать все входящие и выходящие сигналы, с которыми имеет дело мозг при распознавании земли, неба, деревьев, скал и т. п.

Другими словами, действия нашего мозга напоминают огромный айсберг. То, что мы осознаем, лишь верхушка айсберга, сознание. Но под видимой поверхностью, скрытое от глаз, присутствует гораздо более объемное подсознание; оно задействует громадное количество «вычислительной мощи» мозга для того, чтобы мы постоянно были в курсе простых вещей: где мы, с кем разговариваем, что находится вокруг. Все эти действия мозг проделывает автоматически, не спрашивая нашего позволения и не отчитываясь о них; мы просто не замечаем этой работы.

Именно поэтому роботы не могут свободно ориентироваться в комнате, читать рукописный текст, водить машины, собирать мусор и т. п. На тщетные попытки создать механических солдат и умные грузовики американские военные потратили сотни миллионов долларов.

Только после этого ученые начали понимать, что игра в шахматы или перемножение громадных чисел задействует лишь крохотную долю человеческого разума. Победа в 1997 г. компьютера Deep Blue фирмы IBM над чемпионом мира по шахматам Гарри Каспаровым стала победой чисто компьютерной, т. е. вычислительной, мощи; однако, несмотря на громкие заголовки газет, этот эксперимент не сообщил нам ничего нового ни о разуме, ни о сознании. Дуглас Хофштадтер, ученый-компьютерщик из Индианского университета, сказал по этому поводу: «Боже мой, я-то считал, что для игры в шахматы нужно думать. Теперь я понимаю, что не нужно. Это не означает, что Каспаров не умеет глубоко размышлять;

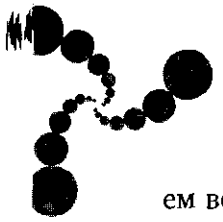
это означает только, что при игре в шахматы можно обойтись и без глубоких мыслей, точно так же, как можно летать, не взмахивая крыльями».

(Развитие компьютеров в будущем очень сильно скажется на рынке труда. Футурологи иногда заявляют, что через несколько десятилетий без работы не останутся только высококвалифицированные специалисты по устройству, производству и обслуживанию компьютеров. На самом деле это не так. Такие работники, как мусорщики, строители, пожарные, полицейские и т. п., тоже не останутся в будущем без работы, поскольку их труд включает в себя задачу распознавания образов. Каждое преступление, каждый кусок мусора, каждый инструмент и пожар отличаются от остальных; роботы с такой работой не справятся. По иронии судьбы работники со специальным образованием, такие как рядовые бухгалтеры, брокеры и кассиры, в будущем действительно могут лишиться работы — ведь их труд почти полностью состоит из повторяющихся действий и включает в себя работу с числами, а мы уже знаем, что именно с этим компьютеры справляются лучше всего.)

Вторая — после распознавания образов — проблема, с которой сталкиваются попытки создания роботов, еще более фундаментальна. Это отсутствие у роботов так называемого «здравого смысла». К примеру, каждый человек знает, что:

- Вода мокрая.
- Мать всегда старше дочери.
- Животные не любят боли.
- После смерти никто не возвращается.
- Веревка может тянуть, но не может толкать.
- Палка может толкать, но не может тянуть.
- Время не может идти задом наперед.

Но не существует такого исчисления, такой математики, которая могла бы выразить смысл этих высказываний. Мы зна-



ем все это, потому что видели в жизни животных, воду и веревку и сами додумались до этих истин. Дети учатся здравому смыслу на ошибках, при неизбежных столкновениях с действительностью. Эмпирические законы биологии и физики также познаются на опыте — в процессе взаимодействия с окружающим миром. Но у роботов нет опыта такого рода. Они знают только то, что заложили в них программисты.

(В результате в будущем никто не отнимет у человека профессии, требующие здравого смысла, т. е. области деятельности, связанные с творчеством, оригинальностью, талантом, юмором, развлечениями, анализом и лидерством. Именно эти качества делают нас уникальными, именно их так трудно воспроизвести в компьютере. Именно они делают нас людьми.)

В прошлом математики неоднократно пытались соорудить волшебную программу, которая сосредоточила бы в себе раз и навсегда все законы здравого смысла. Самый амбициозный проект такого рода — CYC (сокращение от «энциклопедия»), детище Дугласа Лената, главы компании Cycorp. Подобно тому как в результате реализации Манхэттенского проекта — программы стоимостью 2 млрд долл. — была создана атомная бомба, проект CYC должен был стать «Манхэттенским проектом» искусственного интеллекта, последним толчком, в результате которого должен был появиться подлинный искусственный интеллект.

Не удивительно, что девиз Лената звучит так: «Разум — это десять миллионов правил». (Ленат придумал новый способ отыскания законов здравого смысла; его сотрудники тщательно прочесывают страницы скандальных и сенсационных газетенок, после чего просят CYC найти в статьях ошибки. В самом деле, если Ленату удастся-таки этого добиться, CYC станет разумнее большинства читателей желтой прессы!)

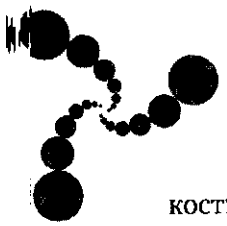
Одна из задач проекта CYC — достичь «точки равенства», т. е. такого момента, когда робот будет понимать достаточно, чтобы самостоятельно переваривать новую информацию

и черпать ее непосредственно из журналов и газет, которые найдутся в любой библиотеке. В этот момент CYC, как птенец, вылетевший из гнезда, сможет расправить крылья и обрести самостоятельность.

К сожалению, с момента основания фирмы в 1984 г. ее репутация сильно пострадала от общей для ИИ проблемы: ее представители делают громкие, но совершенно нереалистичные предсказания, которые только привлекают газетчиков. В частности, Ленат предсказывал, что через десять лет — к 1994 г. — в «мозгах» CYC будет содержаться уже от 30 до 50% «общеизвестной реальности». Но сегодня CYC и близко не подошел к этому показателю. Как выяснили ученые корпорации, необходимо написать многие миллионы строк программного кода, чтобы компьютер смог хотя бы приблизиться к уровню здравого смысла четырехлетнего ребенка. Пока программа CYC содержит жалкие 47 000 понятий и 306 000 фактов. Несмотря на стабильно оптимистичные пресс-релизы корпорации, газеты процитировали одного из сотрудников Лената Р.В. Гуха, покинувшего команду в 1994 г.: «CYC обычно считают неудачей... Мы вкалывали как проклятые, пытаясь создать бледную тень того, что было первоначально обещано».

Другими словами, попытки запрограммировать все законы здравого смысла и загнать их в один компьютер провалились просто потому, что у здравого смысла слишком много законов. Человек осваивает их без усилий — ведь он с самого рождения постоянно сталкивается с действительностью, постепенно впитывая в себя законы физики и биологии. С роботами все иначе.

Основатель фирмы Microsoft Билл Гейтс признает: «Оказалось гораздо труднее, чем предполагалось, научить компьютеры и роботов воспринимать окружающее и реагировать на него быстро и точно... к примеру, ориентироваться в комнате по отношению к находящимся в ней предметам, отзываться на звук и понимать речь, брать разные по размерам, материалу и хруп-



кости предметы. Роботу чертовски трудно проделать даже такую простую вещь, как отличить открытую дверь от окна».

Однако сторонники подхода «сверху вниз» указывают, что прогресс в этой области, хотя и не такой быстрый, как хотелось бы, все же наблюдается. В лабораториях всего мира преодолеваются все новые рубежи. К примеру, несколько лет назад агентство DARPA, которое часто берет на себя финансирование самых передовых технических проектов, объявило приз в 2 млн долл. за создание автоматического транспортного средства, способного самостоятельно, без водителя, преодолеть сильно пересеченный рельеф пустыни Мохаве. В 2004 г. ни один из участников заезда не смог пройти маршрут. Лучшая машина сумела пройти 11,9 км, после чего вышла из строя. Но уже в 2005 г. машина без водителя, представленная группой Stanford Racing Team, успешно преодолела тяжелый маршрут протяженностью 212 км, хотя ей и потребовалось на это семь часов. Кроме победителя к финишу гонки пришли еще четыре машины. (Правда, критики отмечают, что правила позволяют машинам использовать системы спутниковой навигации на долгом пути в пустыне. В результате машина едет по заранее выбранному маршруту без особенных осложнений; это значит, что ей не приходится распознавать в пути сложные образы препятствий. В реальной жизни водитель должен учитывать множество непредсказуемых обстоятельств: движение других машин, пешеходов, ремонтные работы, дорожные пробки и т. п.)

Билл Гейтс с осторожным оптимизмом говорит, что роботы-машины могут стать «следующим большим скачком». Он сравнивает сегодняшнюю робототехнику с персональными компьютерами, которыми он занялся 30 лет назад. Очень может быть, что роботы сегодня, как персональные компьютеры тогда, уже готовы к стремительному старту. «Никто не может определенно сказать, когда эта индустрия наберет критическую массу, — пишет он. — Но если это произойдет, то роботы, возможно, изменят мир».

(Рынок человекоподобных разумных роботов, если они когда-нибудь появятся и станут коммерчески доступными, будет огромен. Хотя сегодня настоящих роботов нет, роботы с жесткой программой не только существуют, но быстро распространяются. По оценке Международной федерации робототехники, в 2004 г. существовало около 2 млн таких роботов, а к 2008 г. их появится еще 7 млн. Японская Ассоциация роботов предсказывает, что если сегодня оборот промышленности, занятой выпуском персональных роботов, составляет 5 млрд долл. в год, то к 2025 г. он достигнет 50 млрд долл.)

Подход «снизу вверх»

Ограниченность подхода «сверху вниз» к созданию искусственного интеллекта очевидна, поэтому с самого начала ученые исследуют и другой подход — «снизу вверх». Суть этого подхода заключается в том, чтобы, подражая эволюции, заставить робота учиться на собственном опыте, как учится младенец. Ведь насекомые, скажем, руководствуются при движении не тем, что сканируют картинку окружающего мира, разбивают ее на триллионы пикселей и обрабатывают полученное изображение при помощи суперкомпьютеров. Нет, мозг насекомого состоит из «нейронных сетей» — самообучающихся машин, которые медленно, натыкаясь на препятствия, осваивают искусство правильно передвигаться во враждебном мире. Известно, что в MIT с огромным трудом удалось создать шагающих роботов методом «сверху вниз». Зато простые механические существа вроде жуков, накапливающие опыт и информацию методом проб и ошибок (т.е. утыкаясь в препятствия), уже через несколько минут начинают успешно носиться по комнате.

Родни Брукс, директор прославленной Лаборатории искусственного интеллекта MIT, знаменитой своими большими и неуклюжими шагающими роботами типа «сверху вниз», сам превратился в еретика, когда начал изучать идею крошечных

«насекомоподобных» роботов, которые учатся ходить старым испытанным методом: спотыкаясь, падая, натыкаясь на всевозможные предметы. Вместо того чтобы использовать сложные компьютерные программы и математически вычислять при ходьбе точное положение каждой ноги в каждый момент времени, его «насекоботы» действуют методом проб и ошибок и обходятся небольшими вычислительными мощностями. Сегодня «потомки» крошечных роботов Брукса собирают на Марсе данные для NASA; они преодолевают километры унылых марсианских ландшафтов по собственному разумению. Брукс считает, что насекоботы идеально подходят для исследования Солнечной системы.

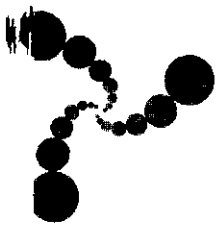
Одним из новых проектов Брукса стал COG — попытка создать механического робота с разумом шестимесячного младенца. Внешне робот представляет собой мешанину проводов, электрических цепей и приводов, но снабжен головой, глазами и руками. В нем нет программы, определяющей какие бы то ни было законы разума. Вместо этого робота научили фокусировать глаза и следить за человеком-тренером, который пытается научить робота простым навыкам. (Одна из сотрудниц, забеременев, заключила пари о том, кто сделает большие успехи к возрасту двух лет: COG или ее будущий ребенок. Ребенок намного обогнал «соперника».)

Несмотря на успешное подражание поведению насекомых, роботы с нейронными сетями выглядят довольно жалко, когда создатели пытаются заставить их подражать поведению высших организмов, таких как млекопитающие. Самый продвинутый робот с нейронными сетями способен ходить по комнате или плавать в воде, но не может прыгать и охотиться, как собака в лесу, или исследовать комнату, как крыса. Крупные роботы на нейронных сетях содержат десятки, максимум сотни «нейронов»; при этом человеческий мозг насчитывает более 100 млрд нейронов. Нервная система очень простого червя Caenorhabditis elegans, полностью изученная биологами и нанесенная на карту, состоит

из 300 с небольшим нейронов; вероятно, это одна из простейших нервных систем в природе. Но и в этой системе между нейронами наблюдается более 7000 связей-синапсов. Как бы ни был примитивен C. elegans, его нервная система настолько сложна, что никому еще не удалось создать компьютерную модель такого мозга. (В 1988 г. один компьютерный эксперт предсказал, что к настоящему моменту у нас будут роботы примерно со 100 млн искусственных нейронов. На самом же деле нейронная сеть из ста нейронов уже считается выдающейся.)

Ирония ситуации заключается в том, что машины неустанно выполняют задания, которые людям кажутся «трудными», скажем перемножают большие числа или играют в шахматы, но застревают на совершенно «простых» для человека заданиях, таких как походить по комнате, узнать кого-то по лицу или посплетничать с приятелем. Причина в том, что даже самые продвинутые наши компьютеры в основе своей всего лишь усложненные до предела счетные машинки. А наш мозг эволюция сформировала таким образом, чтобы он мог решать глобальную задачу выживания. Для этого необходима сложная и хорошо организованная структура мышления, включающая в себя здравый смысл и распознавание образов. Сложные вычисления или шахматы не нужны для выживания в лесу — зато там не обойтись без умения удрать от хищника, найти себе пару и приспособиться к меняющимся условиям.

Вот как обобщил проблемы ИИ Марвин Мински из MIT, один из основателей науки об искусственном интеллекте: «История ИИ в чем-то забавна — ведь первыми реальными достижениями в этой области были красивые машинки, способные к логическим доказательствам и сложнейшим вычислениям. Но затем мы захотели сделать машину, которая умела бы отвечать на вопросы по простым рассказам, какие можно найти в книжке для первоклассников. На сегодняшний день не существует машины, способной на это».



Некоторые ученые считают, что когда-нибудь два подхода — «сверху вниз» и «снизу вверх» — сольются воедино, и такое слияние может стать ключом к созданию настоящего искусственного интеллекта и человекоподобных роботов. В конце концов, когда ребенок учится, он пользуется обоими методами: сначала маленький человек полагается в основном на методику «снизу вверх» — он натыкается на предметы, ощупывает их, пробует на вкус и т. п.; но затем он начинает получать словесные уроки от родителей и учителей, из книг — в этот момент приходит время для подхода «сверху вниз». Даже будучи взрослыми, мы постоянно смешиваем оба подхода. К примеру, повар читает рецепт, но не забывает и пробовать блюдо, которое готовит.

Ганс Моравек говорит: «Полностью разумные машины появятся не раньше, чем будет забит золотой костыль, который соединит оба пути». Он считает, что произойдет это, вероятно, в ближайшие 40 лет.

Эмоциональные роботы?

Одной из постоянных тем в литературе и искусстве уже давно стало механическое существо, мечтающее стать человеком, обрести человеческие эмоции. Это существо не удовлетворено тем, что собрано из проводов и стали; оно хочет смеяться, плакать и ощущать все эмоциональные радости человеческого существа.

Типичный пример — марионетка Пиноккио, мечтавшая стать настоящим мальчиком. Железный Дровосек хотел получить сердце. И Дейта, робот из «Звездного пути», хочет стать человеком, хотя и превосходит любого человека в силе и разумности.

Выдвигаются даже предположения о том, что наши эмоции представляют собой высшее неповторимое свойство и что именно они делают человека человеком. Сторонники этой точки зрения утверждают, что ни одна машина никогда не сможет

задохнуться от восторга при виде великолепного заката или рассмеяться удачной шутке. А некоторые говорят, что машины никогда не будут испытывать эмоций, потому что они, эмоции, представляют собой вершину развития человека.

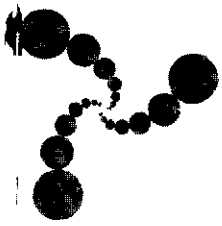
Но ученые, которые работают над созданием искусственного интеллекта и пытаются разгадать физику эмоций, рисуют иную картину. Для них эмоции не только не квинтэссенция всего человеческого, но и наоборот — побочный результат эволюции. Попросту говоря, эмоции полезны для нас. Они помогли нам выжить в лесу и сегодня тоже помогают преодолевать невзгоды и ориентироваться среди жизненных опасностей.

К примеру, очень важно в эволюционном смысле понятие «нравится» — ведь большинство вещей на свете представляют для нас опасность. Из миллионов объектов, с которыми ежедневно сталкивается человек, лишь несколько способны принести ему пользу. Поэтому когда нам что-то «нравится», это означает, что мы выделяем из миллионов опасных и бесполезных вещей ту крохотную их долю, которая может оказаться для нас полезна.

Точно так же ревность — важное чувство, потому что успех в продолжении рода обеспечивает передачу наших генов будущим поколениям. (Именно поэтому с сексом и любовью связано так много эмоционально заряженных чувств.)

Стыд и раскаяние важны, потому что помогают нам освоить навыки социализации, необходимые для жизни в обществе. Если мы не будем иногда извиняться, рано или поздно нас изгонят из племени, серьезно уменьшив тем самым наши шансы на выживание и передачу генов.

Чувство одиночества тоже имеет значение. Поначалу кажется, что это чувство ненужно и избыточно — ведь человек же способен жить один. Но стремление к обществу других людей тоже важно для выживания, потому что человек всегда зависит от ресурсов племени в целом.



Иными словами, в ходе дальнейшего развития роботы, возможно, тоже обзаведутся эмоциями. Может быть, программисты заложат в них эмоциональную связь с хозяевами, чтобы роботы не закончили свои дни на свалке. Такие эмоции помогли бы им войти в наше общество, стать не соперниками, а надежными помощниками хозяев.

Эксперт по компьютерам Ганс Моравек считает, что роботы обязательно будут запрограммированы на такие эмоции, как «страх»; это необходимо для самосохранения. К примеру, если у робота заканчивается батарея, он «будет выражать возбуждение или даже панику таким образом, чтобы люди могли его понять. Он направится к соседям и попросит разрешения воспользоваться розеткой со словами: "Пожалуйста! Пожалуйста! Мне это необходимо! Это так важно для меня и так немного стоит! Мы вам заплатим!"»

Кроме всего прочего, эмоции важны при принятии решений. Люди, перенесшие определенную мозговую травму, теряют способность испытывать эмоции. Интеллектуальные способности остаются при них, но выражать чувства они не в состоянии. Врач-невролог Антонио Дамасио из Медицинского колледжа Университета Айовы, специально изучавший людей с такого рода мозговыми травмами, говорит, что они «знают, но не чувствуют».

Д-р Дамасио утверждает, что такие люди часто испытывают затруднения с принятием даже самых незначительных решений. Они не могут руководствоваться эмоциями, а потому бесконечно перебирают и обдумывают варианты; результат — губительная нерешительность. Один из пациентов доктора Дамасио целых полчаса выбирал дату следующего визита.

Ученые считают, что эмоции обрабатываются в «лимбической системе» мозга, расположенной глубоко в его центре. Если у человека нарушается связь между новой корой головного мозга (которая управляет рациональным мышлением) и лимбической системой, его разум остается при нем, но пропадают

эмоции, которыми он мог бы руководствоваться в принятии решений. Иногда нас «осеняет», мы «нутром чуем», как надо поступить. Люди, у которых нарушена связь между рациональной и эмоциональной частями мозга, лишены такой способности.

К примеру, в магазине мы неосознанно производим тысячи оценок и решений; мы оцениваем практически все, что видим: «Эта вещь слишком дорогая, слишком дешевая, слишком цветастая, слишком глупая, а вот это как раз то, что нужно». Для человека с такой травмой мозга поход в магазин за покупками может стать настоящим кошмаром, потому что все вещи покажутся ему одинаково хорошими или, если угодно, одинаково плохими.

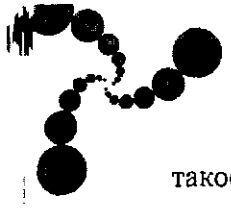
По мере того как роботы будут становиться все разумнее и начнут принимать собственные решения, они тоже станут, вероятно, жертвой губительной нерешительности. (Вспомните историю об ослике, который умер от голода между двумя стогами сена — он никак не мог решить, к которому стогу направиться.) Для решения этой проблемы у роботов будущего, скорее всего, в мозгу появится эмоциональный контур. Говоря об отсутствии эмоций у роботов, д-р Розалинда Пикард из Медиалаборатории MIT замечает: «Они не чувствуют, что важнее всего. Это один из главных их недостатков. Компьютеры этого просто не понимают».

Как писал русский романист Федор Достоевский, «если бы все на Земле было разумно, ничего бы не происходило».

Другими словами, эмоции могут потребоваться роботам будущего, чтобы устанавливать цели, придавать своей «жизни» смысл и структуру; в противном случае бесконечные возможности лишат их всякой способности к действию.

Обладают ли они сознанием?

По вопросу о том, могут ли машины обладать сознанием, нет единого мнения; более того, нет его и по вопросу о том, что



такое сознание вообще. Никто еще не сумел сформулировать приемлемое для всех определение сознания.

Марвин Мински считает, что сознание представляет собой скорее «совокупность сознаний»; имеется в виду, что процесс мышления в мозге не локализован, а распределен, и в каждый момент времени за первенство в нем состязаются несколько различных центров. В этом случае сознание можно рассматривать как последовательность мыслей и образов, исходящих из различных «сознаний» более низкого уровня, причем все они соревнуются между собой и стараются захватить наше внимание.

Если это действительно так, то вполне возможно, что понятие «сознания» несколько раздуто; возможно, слишком много научных трудов посвящено предмету, затуманенному поколениями философов и психологов. Возможно, определить сознание не так уж сложно. Сидни Бреннер из Института Солка в г. Ла-Холла говорит: «Я предрекаю, что к 2020 г. — черты которого уже вполне различимы — сознание как научная проблема перестанет существовать... Наши преемники будут поражены количеством научной чепухи, которая сегодня всерьез обсуждается, конечно, если у них хватит терпения копаться в электронных архивах старых журналов».

Марвин Мински считает, что исследования в области ИИ страдают «от зависти к физике». В физике священным граалем, добыть который мечтает любой ученый, является простое уравнение, которое объединило бы все физические взаимодействия вселенной в рамках единой теории — «теории всего». Под влиянием этой идеи исследователи искусственного интеллекта тоже пытаются найти единую парадигму, которая объяснила бы сознание. Но Мински считает, что такой парадигмы, возможно, вообще не существует.

(Члены «конструкционистской» школы, к которой принадлежу и я, считают, что вместо бесконечных дебатов о том, можно ли создать думающую машину, нужно взять и попытаться.

Что же касается сознания, то, скорее всего, существует некое пространство сознания, к которому принадлежит и примитивный термостат, который отслеживает температуру в комнате, и осознающий себя организм, каким на сегодняшний день является человек. Животные, возможно, тоже обладают сознанием, но сознанием более низкого уровня по сравнению с человеком. Поэтому, вместо того чтобы без конца обсуждать философские вопросы и спорить об определении сознания, следовало бы попытаться составить каталог всевозможных типов и уровней сознания и разложить все по полочкам. Возможно, роботы со временем обретут «силиконовое сознание». Вообще, когда-нибудь, может статься, роботы воплотят в себе совершенно иную, чем у нас, архитектуру мышления и обработки информации. Не исключено, что в будущем высококлассные роботы сумеют размыть грань между синтаксисом и семантикой и их реакция действительно станет неотличима от реакции человека. Если это произойдет, вопрос о том, «понимают» ли они на самом деле вопрос, потеряет всякий смысл. Робот, в совершенстве владеющий синтаксисом, понимает — для любых практических целей — содержание разговора. Другими словами, идеальное владение синтаксисом и есть понимание.)

Могут ли роботы представлять опасность?

Закон Мура (он утверждает, что производительность компьютеров удваивается каждые 18 месяцев) позволяет предположить, что через несколько десятилетий появятся роботы с разумом, скажем, собаки или кошки. Но вполне может так случиться, что к 2020 г. закон Мура перестанет действовать, а кремниевая эра подойдет к концу. Последние полвека производительность компьютеров росла такими поразительными темпами благодаря тому, что появлялись все более крохотные кремниевые транзисторы, десятки миллионов которых легко умещались на ногте. Для вытравливания этих микроскопических транзисторов

на кремниевых пластинках использовалось ультрафиолетовое излучение. Но процесс микроминиатюризации не может продолжаться до бесконечности. Со временем транзисторы могут уменьшиться до размера молекул, и он автоматически прекратится. После 2020 г., когда закончится эра кремния, Силиконовая долина может превратиться в новый Ржавый пояс.

Процессор Pentium в вашем портативном компьютере имеет слои толщиной в 20 атомов. К 2020 г. толщина слоя может уменьшиться до пяти атомов. В этот момент вступит в действие принцип неопределенности Гейзенберга, и будет вообще невозможно сказать наверняка, где находится электрон. И тогда в чипе возникнут утечки электричества, а в компьютере — короткое замыкание. В этот момент компьютерная революция и закон Мура уткнутся в глухую стену — ведь законы квантовой механики обойти невозможно. (Кое-кто утверждает, что цифровая эра — это «победа битов над атомами». Но когда-нибудь, когда закон Мура перестанет действовать, атомы возьмут свое.)

В настоящее время физики работают над посткремниевой технологией, которая будет доминировать в мире компьютеров после 2020 г., но пока результаты не слишком обнадеживают. Как мы уже говорили, рассматривается несколько перспективных технологий, в том числе квантовые компьютеры, компьютеры на основе ДНК, оптические компьютеры, атомные компьютеры и т. п. Но на каждом направлении имеются громадные трудности, которые предстоит преодолеть, прежде чем технология сможет примерить на себя мантию кремниевых чипов. Технология манипулирования отдельными атомами и молекулами находится пока в зачаточном состоянии, и мы пока не в состоянии изготовить миллиарды транзисторов, сравнимых по размерам с атомами.

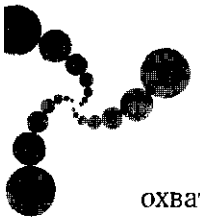
Но предположим на мгновение, что физики нашли способ преодолеть пропасть между кремниевыми чипами и, скажем, квантовыми компьютерами. Предположим также, что за-

кон Мура в той или иной форме продолжает действовать и в посткремниевую эру. В этом случае искусственный интеллект действительно может стать реальностью. Тогда роботы могут овладеть человеческой логикой и эмоциями и научиться уверенно проходить тест Тьюринга. Стивен Спилберг исследовал эту тему в фильме «Искусственный интеллект»; в фильме рассказывается о том, как был создан первый искусственный мальчик, способный проявлять эмоции и пригодный поэтому для усыновления в человеческую семью.

Возникает вопрос: могут ли такие роботы представлять опасность? Наиболее вероятный ответ: да, могут. Роботы могут стать опасными, как только достигнут интеллекта обезьяны, — ведь обезьяна обладает сознанием и собственной волей. Возможно, на достижение этого рубежа уйдет немало десятилетий, и ученым хватит времени понаблюдать за роботами, прежде чем они начнут представлять угрозу. К примеру, в их процессоры можно будет помещать специальный чип, который не даст им «пойти вразнос». Или можно интегрировать в них механизм саморазрушения или отключения, который срабатывал бы в случае чрезвычайной ситуации.

Артур Кларк писал: «Может быть, мы станем для компьютеров домашними любимцами и будем, как комнатные собачки, вести беззаботное существование, но я надеюсь, что у нас всегда останется возможность в любой момент выдернуть вилку из розетки».

Более реальной угрозой представляется зависимость нашей инфраструктуры от компьютеров. Система водоснабжения и электрическая сеть, не говоря уже о связи и транспорте, в будущем станут все более компьютеризованными. Наши города уже превратились в сложнейшие организмы, и теперь для управления всей нашей инфраструктурой и ее мониторинга необходимы сложные и запутанные компьютерные сети. В будущем, чтобы все это работало, придется вводить в эти компьютерные сети искусственный интеллект. Ошибка или отказ в этой все-



охватной компьютерной инфраструктуре способны полностью парализовать город, страну или даже всю цивилизацию.

Превзойдут ли компьютеры нас по разумности? Разумеется, в принципе это не запрещено никакими законами природы. Если роботы представляют собой самообучающиеся нейронные сети и если они достигли уровня развития, позволяющего им учиться быстрее и эффективнее, чем учимся мы, то логично предположить, что со временем они превзойдут нас в рассуждениях. Моравек говорит, что постбиологический мир — «это такой мир, в котором род человеческий оказался сметен волной культурных изменений и вытеснен его собственными искусственными потомками... Когда это произойдет, наша ДНК окажется никому не нужна, потому что она проиграет эволюционную гонку сопернику нового типа».

Некоторые изобретатели, например Рей Курцвейл, предсказывают даже, что это произойдет скоро, скорее, чем кажется, — возможно, в ближайшие десятилетия. Не исключено, что мы сейчас создаем своих эволюционных преемников. Кое-кто из ученых-компьютерщиков предвидит момент «сингулярности», как они это называют, — когда роботы смогут обрабатывать информацию все быстрее и быстрее, по экспоненте, и одновременно создавать новых роботов, пока наконец их коллективная способность к усвоению информации не вырастет практически до бесконечности.

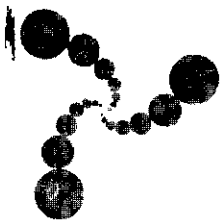
Поэтому некоторые ученые в долговременной перспективе предлагают объединить углеродную и кремниевую технологии, не дожидаясь нашего полного истребления. Мы, люди, основаны на углероде, роботы — на кремнии (по крайней мере в настоящий момент). Возможно, решение кроется в слиянии нас самих с нашими творениями. (Если мы когда-нибудь встретимся с инопланетянами, не стоит удивляться, если их тела окажутся частью органическими, частью механическими; так легче выдерживать тяготы космического путешествия и успешно жить во враждебной среде.)

РОБОТЫ

В далеком будущем роботы или человекоподобные киборги, возможно, даже подарят нам бессмертие. Марвин Мински добавляет: «Что, если Солнце погаснет или мы сами уничтожим планету? Почему не сделать лучших, чем мы сами, физиков, инженеров или математиков? Возможно, нам необходимо быть архитекторами своего будущего. Если нет, наша культура может исчезнуть».

Моравек предвидит такое время в отдаленном будущем, когда мы научимся переносить структуру своего мозга, нейрон за нейроном, прямо в машину. В определенном смысле это даст нам бессмертие. Эта мысль кажется дикой, но, вообще говоря, не выходит за пределы возможного. Так что, по представлениям некоторых ученых, в будущем человека ждет бессмертие (в кремниевой форме или в виде искусственных тел с улучшенной ДНК).

Итак, если мы сумеем преодолеть тупик, связанный с прекращением действия закона Мура, и разберемся с проблемой здравого смысла, думающие машины с интеллектом животных — а может быть, столь же умные, как мы, или даже умнее — могут стать реальностью. Возможно, это произойдет уже в конце текущего века. Хотя открыты еще не все фундаментальные законы искусственного интеллекта, прогресс в этой области идет семимильными шагами. Принимая это во внимание, я бы определил роботов и другие думающие машины как невозможность I класса.



8. ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ И ЛЕТАЮЩИЕ ТАРЕЛКИ

Мы или одиноки во Вселенной, или нет. Любая из этих мыслей пугает.
Артур Кларк

Гигантский, поражающий воображение космический корабль протяженностью в несколько миль висит прямо над Лос-Анджелесом; он заполняет собой небосвод и рождает в городе зловещую тьму. Крепости в форме блюдец занимают позиции в ключевых точках над планетой — над главными городами мира. Сотни ликующих зрителей собираются на крыше небоскреба, поближе к звездным гостям; земляне хотят первыми приветствовать инопланетных гостей в Лос-Анджелесе.

Провисев беззвучно над городом несколько дней, космолет медленно раскрывает брюхо. Оттуда вырывается сноп испепеляющих лазерных лучей. Небоскреб сожжен; по городу прокатилась волна разрушения, за несколько секунд превращая его в груду обгорелого мусора.

В фильме «День независимости» пришельцы олицетворяют собой наши самые глубоко упрятанные страхи. В фильме «Е.Т.» мы проецируем на тех же пришельцев собственные мечты и фантазии. На протяжении всей истории человечество не отпускала мысль о чуждых нам существах, населяющих иные миры. Еще в 1611 г. астроном Иоганн Кеплер, опираясь на са-

мое передовое научное знание того времени, рассуждал в своем труде «Сон» о путешествии к Луне. Он писал, что во время этого путешествия люди могут встретить разумных чужаков и чуждые Земле растения и животных. Но наука и религия часто противоречат друг другу в вопросе о жизни в космосе, и результат этого противоречия иногда выливается в трагедию.

Несколькими годами раньше, в 1600 г., в Риме был сожжен заживо бывший доминиканский монах и философ Джордано Бруно. Чтобы унизить Бруно, церковники, прежде чем сжечь у столба, раздели его донага и подвесили вниз головой. Что же делало учение Бруно столь опасным? Он ведь задал простой вопрос: есть ли жизнь вне Земли? Подобно Копернику, Бруно был убежден, что Земля обращается вокруг Солнца, но в отличие от Коперника он считал, что там, в космосе, живет, возможно, бесчетное количество других людей, таких же, как мы. (Церковь решила, что проще и удобнее сжечь автора безумной идеи, чем всерьез задуматься о возможном существовании миллиардов других святых, пап, церквей и Иисусов.)

Четыреста лет память о Бруно не давала спокойно жить историкам науки. Но теперь Бруно отомщен. Примерно дважды в месяц астрономы обнаруживают в космосе около какой-нибудь звезды новую планету. На данный момент достоверно известно о существовании у различных звезд примерно 300 планет, так что предсказание Бруно в отношении внесолнечных планет сбылось. Но один вопрос по-прежнему остается без ответа. Может быть, галактика Млечный Путь битком набита планетами, но сколько из них пригодны для жизни? А если в космосе действительно существует разумная жизнь, то что может наука сказать о ней?

Разумеется, гипотетические встречи с инопланетянами вызывают в обществе горячий интерес, завораживают уже не одно поколение читателей и зрителей. Самый знаменитый случай произошел 30 октября 1938 г., в Хеллоуин; тогда актер и режиссер Орсон Уэллс решил подшутить над американской пу-

бликой. Он взял за основу сюжет романа Герберта Уэллса «Война миров» и подготовил серию коротких якобы новостных сообщений. Эти сообщения передавались в эфире национальной радиокомпании CBS, прерывая танцевальную музыку и час за часом воспроизводя сценарий вторжения марсиан на Землю и последующего краха цивилизации. Миллионы американцев ударились в панику от «новостей» о том, что в Гроверс-Милл, штат Нью-Джерси, приземлились машины с Марса, что они стреляют смертельными лучами, уничтожают целые города и собираются захватить весь мир. (Позже газеты писали, что в названном районе началась стихийная эвакуация — жители пытались его покинуть; нашлись очевидцы, утверждавшие, что чуют в воздухе ядовитый газ и видят вдалеке вспышки света.)

В 1950-х гг. интерес к Марсу вновь вырос; дело в том, что астрономы обнаружили на Марсе странную отметину, напоминающую гигантскую букву M размером в несколько сот километров. Тут же появились комментарии: буква M наверняка означает Марс, это мирные марсиане подают землянам сигнал, вроде того как на стадионе во время футбольного матча группа поддержки по буквам выкрикивает название любимой команды. (Другие зловеще возражали: на самом деле отметка соответствует букве W, а не M, а W означает, разумеется, войну. Другими словами, на самом деле марсиане объявляют Земле войну!) Возникшая мини-паника вскоре улеглась, а загадочная буква M исчезла так же внезапно, как и появилась. По всей видимости, иллюзия была вызвана песчаной бурей, которая покрыла собой всю поверхность планеты, кроме вершин четырех крупных вулканов. Эти-то четыре пика и сложились в грубое подобие буквы M или W.

Научные поиски внеземной жизни

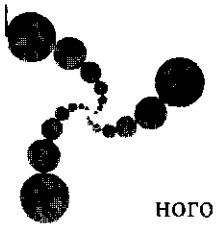
Серьезные ученые, занятые поисками возможной внеземной жизни, утверждают: об этой жизни — если, конечно, она су-

ществует — невозможно сказать ничего определенного. Тем не менее, исходя из наших знаний о физике, химии и биологии, можно сделать несколько общих предположений о природе внеземной жизни.

Первое. Ученые считают, что ключевым фактором для возникновения жизни во вселенной является жидкая вода. «Ищите воду» — такую мантру повторяют астрономы, занимаясь поиском свидетельств существования внеземной жизни. Жидкая вода, в отличие от большинства других жидкостей, является «универсальным растворителем» и способна растворять поразительное количество всевозможных химических веществ. Это идеальная среда для возникновения все более сложных молекул. Кроме того, сама молекула воды очень проста, ее можно найти повсюду во Вселенной, тогда как другие растворители встречаются редко.

Второе. Нам известно, что углерод — очень вероятный компонент жизни. Дело в том, что атом углерода четырехвалентен, а значит, может связываться с четырьмя другими атомами, создавая в результате молекулы невероятной сложности. В частности, он легко образует длинные углеродные цепочки — основной элемент углеводородных соединений и всей органической химии. У других четырехвалентных элементов ряд возможных химических соединений далеко не столь богат.

Наглядной иллюстрацией незаменимости и важности углерода может служить знаменитый эксперимент Стэнли Миллера и Гарольда Юри, проведенный в 1953 г. Эксперимент показал, что жизнь в принципе может возникнуть спонтанно как естественный побочный результат химических процессов с участием углерода. Ученые взяли раствор аммиака, метана и других токсичных веществ — тех, которые, по их мнению, должны были присутствовать на Земле в ее начальную эпоху, — поместили в замкнутый сосуд и подвергли действию слабого электрического тока. После этого оставалось только ждать. Уже через неделю в сосуде появились признаки спонтан-



ного формирования аминокислот. Электрического тока было достаточно, чтобы разорвать связи в аммиаке и метане, а затем заново собрать атомы в молекулы аминокислот — предшественников протеинов. В каком-то смысле жизнь действительно может возникнуть спонтанно! (Позже аминокислоты удалось обнаружить в составе метеоритов и в газовых облаках в глубинах космоса.)

Третье. Основа жизни — способная к самовоспроизведению молекула под названием ДНК. В химии самокопирующиеся молекулы встречаются чрезвычайно редко. Потребовались сотни миллионов лет, чтобы на Земле, скорее всего в глубинах океанов, сформировались первые молекулы ДНК. Считается, что, если бы можно было провести эксперимент Миллера–Юри протяженностью в миллион лет в объеме земных океанов, ДНК-молекулы успели бы спонтанно возникнуть. Одна из самых вероятных площадок, *где в начале земной истории могла случайно сложиться* первая на планете молекула ДНК, — это места вулканических выходов на дне океана, так называемые «черные курильщики». Активность этих горячих источников могла послужить удобным источником энергии для первых молекул ДНК и первых клеток — задолго до возникновения фотосинтеза и растений. Нам пока неизвестны другие, помимо ДНК, углеродосодержащие молекулы, способные к самовоспроизведению, но скорее всего, все другие самокопирующиеся молекулы во Вселенной будут в чем-то похожи на молекулы ДНК.

Подведем итог. Для жизни, по всей видимости, необходима жидкая вода, углеводородные соединения и какая-то форма самовоспроизводящейся молекулы вроде ДНК. Пользуясь этими довольно общими критериями, мы можем примерно оценить, с какой частотой встречается во Вселенной разумная жизнь. Одним из первых такую оценку провел астроном Корнеллского университета Фрэнк Дрейк в 1961 г. Если взять 100 млрд звезд галактики Млечный Путь, можно оценить, какую долю среди них составляют звезды с такими же характеристиками, что

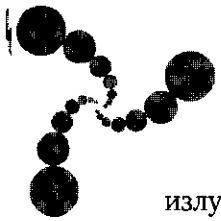
и наше Солнце. Затем можно оценить долю подходящих звезд, возле которых есть планетные системы.

Говоря более конкретно, уравнение Дрейка позволяет рассчитать число цивилизаций в Галактике путем перемножения нескольких величин, включая:

- скорость рождения звезд в Галактике;
- долю звезд, у которых есть планеты;
- число планет с пригодными для жизни условиями возле каждой звезды;
- долю планет, на которых действительно возникает жизнь;
- долю планет, где развивается разумная жизнь;
- долю планет, цивилизации которых способны и хотят общаться с другими цивилизациями;
- ожидаемую продолжительность жизни цивилизации.

Взяв за основу разумные оценки и перемножив все перечисленные вероятности, мы поймем, что в одной только галактике Млечный Путь может существовать от 100 до 10 000 планет, на которых имеется разумная жизнь. Если разумные формы жизни равномерно распределены по Галактике, то можно ожидать, что одна из таких планет может обнаружиться «неподалеку» — всего в нескольких сотнях световых лет от Солнечной системы. В 1974 г. Карл Саган сделал другую оценку; по его мнению, в нашей галактике Млечный Путь может существовать до миллиона цивилизаций.

Эти теоретические рассуждения, разумеется, дали дополнительные аргументы тем, кто пытается обнаружить признаки существования инопланетных цивилизаций. Оптимистичные оценки числа звезд в Галактике, пригодных для разумной жизни, дали ученым повод начать серьезные поиски радиосигналов извне; речь в данном случае идет о сигналах, которые может



излучать планета с развитой цивилизацией — вроде телевизионных и радиосигналов, которые активно излучает наша собственная планета последние 50 лет.

Слушая инопланетян

Проект поиска внеземного разума SETI берет начало от статьи, написанной в 1959 г. физиками Джузеппе Коккони и Филипом Моррисоном. Статья эта произвела сильный эффект. Авторы предположили, что ловить сигналы внеземных цивилизаций лучше всего на радиоволнах частотой от 1 до 10 гигагерц. (Сигналы с частотой ниже одного гигагерца заглушает излучение быстро движущихся электронов, а на частотах выше десяти гигагерц любой сигнал получит сильные искажения из-за шума, который испускают молекулы кислорода и воды в нашей собственной атмосфере.) Самой многообещающей им показалась частота 1420 МГц — частота излучения обычного водорода, самого распространенного элемента Вселенной; они предложили начать поиск сигналов из открытого космоса именно на этой частоте. (Частоты, близкие к этому значению, удобны для внеземной связи, их называют «водяное окно».)

Однако поиски разумных сигналов вблизи этого «окна» ни к чему не привели. В 1960 г. Фрэнк Дрейк инициировал проект «Озма» (названный в честь королевы страны Оз); сигналы предполагалось искать при помощи 25-метрового радиотелескопа в Грин-Бэнк, штат Западная Вирджиния. Разумные сигналы не удалось обнаружить никому, ни в рамках проекта «Озма», ни в рамках какого-нибудь другого из множества проектов, которые в разные годы принимались сканировать ночное небо.

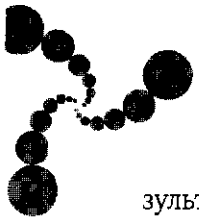
В 1971 г. NASA предложило взять на себя финансирование проекта SETI. Этот проект, известный также как проект «Циклоп», предусматривал использование полутора тысяч радиотелескопов и должен был обойтись в 10 млрд долл. Неудиви-

тельно, что дело кончилось пшиком. Финансирование все же удалось получить, но для гораздо более скромного проекта — отправить в космос тщательно зашифрованное сообщение для иных цивилизаций. В 1974 г. сообщение, содержащее 1679 бит, было отправлено с гигантского радиотелескопа в Аресибо в Пуэрто-Рико в направлении шарового звездного скопления M13, расположенного на расстоянии 25 100 световых лет от нас. Это короткое послание представляет собой рисунок размером 23 × 73 точки; ученые обозначили на нем положение Солнечной системы, поместили изображение человеческих существ и несколько химических формул. (Если учесть расстояния, о которых идет речь, ответ можно ожидать не раньше чем через 52 166 лет.)

На конгресс США все эти проекты произвели не слишком сильное впечатление — даже после того, как в 1977 г. был зарегистрирован сигнал, вошедший в историю под названием «Вау». В нем можно было увидеть последовательность букв и цифр, которая представлялась не случайной и говорила вроде бы о наличии внеземного разума. (Надо сказать, не все ученые, видевшие сигнал «Вау», были убеждены в его неслучайном характере.)

В 1995 г. американские астрономы потеряли надежду на финансирование со стороны федерального правительства и решили обратиться к частным средствам. Был основан некоммерческий Институт SETI в Маунтин-Вью, штат Калифорния, и запущен проект «Феникс»; проект предусматривает изучение тысячи ближайших звезд солнечного класса в радиодиапазоне 1200–3000 МГц. Директором института выбрали д-ра Джил Тартер, которая послужила прототипом персонажа Джоди Фостер в фильме «Контакт». (В этом проекте используются чрезвычайно чувствительные приборы, способные уловить излучение обычного аэродромного радиолокатора с расстояния в 200 световых лет.)

Начиная с 1995 г. Институт SETI с бюджетом 5 млн долл. в год просканировал уже больше тысячи звезд. Но ощутимых ре-



зультатов по-прежнему нет. Тем не менее Сет Шостак, старший астроном проекта SETI, с неувядающим оптимизмом верит, что Система телескопов Аллена в составе 350 антенн, которая сейчас сооружается в 400 км к северо-востоку от Сан-Франциско, «наткнется на сигнал еще до 2025 г.».

Новаторский подход к проблеме продемонстрировали астрономы из Университета Калифорнии в Беркли; в 1999 г. они запустили в действие проект SETI@home. Идея проекта — привлечь к работе миллионы владельцев персональных компьютеров, чьи машины бóльшую часть времени просто бездействуют. Те, кто участвует в проекте, скачивают из Интернета и устанавливают на своем компьютере пакет программ, которые работают в режиме скрин-сейвера, а потому не доставляют владельцу никаких неудобств. Эти программы участвуют в расшифровке сигналов, принятых радиотелескопом. До настоящего момента к проекту присоединились 5 млн пользователей в 200 с лишним странах мира; вместе они потратили электричества больше чем на миллиард долларов, но каждому пользователю участие в проекте стоило недорого. Это самый масштабный коллективный компьютерный проект в истории; он мог бы послужить образцом для других проектов, где требуются большие вычислительные мощности. Тем не менее до сих пор проект SETI@home также не обнаружил ни одного разумного сигнала.

Откровенное отсутствие результатов после нескольких десятилетий тяжелой работы вынуждает сторонников активного поиска внеземного разума искать ответы на трудные вопросы. Одним из очевидных недостатков проекта можно назвать тот факт, что поиск идет только на определенных частотах радиодиапазона. Есть предположения, что иные цивилизации вместо радиосигналов используют лазерные. По сравнению с радио лазеры обладают несколькими преимуществами; так, более короткая длина волны означает, что сигнал может нести больше информации. Но сигнал лазера идет тонким пучком на одной

строго заданной частоте, поэтому его чрезвычайно трудно обнаружить и зарегистрировать.

Еще одним недостатком, очевидно, может оказаться неправильный выбор радиодиапазонов. Внеземные цивилизации, если они существуют, могут использовать самые разные методы сжатия или, скажем, разбивать сообщения на небольшие пакеты, — как это делается сегодня в Интернете. Вполне может быть, что, вслушиваясь в сжатые сообщения, распределенные к тому же на несколько частотных диапазонов, мы услышим только «белый шум».

Но даже с учетом всех — очень серьезных — проблем, стоящих перед SETI, разумно предположить, что еще в этом столетии мы сумеем-таки зарегистрировать сигналы внеземных цивилизаций — при условии, разумеется, что такие цивилизации существуют. И это событие, если произойдет, станет поворотным пунктом в истории человеческой расы.

Где же они?

Тот факт, что проект SETI не обнаружил до сих пор никаких признаков присутствия в космосе сигналов от иных разумных существ, заставил ученых взглянуть повнимательнее на предположения, на которых держится уравнение Дрейка для разумной жизни на других планетах. Последние астрономические открытия говорят о том, что наши шансы обнаружить в космосе разумную жизнь сильно отличаются от тех, что вычислил Фрэнк Дрейк в 60-х гг. прошлого века. Вероятность того, что разумная жизнь во Вселенной существует, одновременно и больше, и меньше, чем считалось ранее.

Во-первых, новые исследования показали, что жизнь способна существовать в таких условиях, которые не предусматривались никакими уравнениями Дрейка. Прежде ученые считали, что жидкая вода может существовать только на определенном оптимальном расстоянии от звезды, в «зоне жизни». (Земля

находится на «самом подходящем» расстоянии от Солнца. Не слишком близко — иначе океаны просто вскипят, и не слишком далеко — иначе океаны замерзнут; нет, расстояние от Земли до Солнца оптимально для жизни.)

Поэтому ученые испытали настоящий шок, когда астрономы обнаружили свидетельства того, что жидкая вода может существовать под ледяной корой на Европе, спутнике Юпитера. Европа находится далеко за пределами «зоны жизни» и на первый взгляд не удовлетворяет условиям уравнения Дрейка. Тем не менее на ней действуют приливные силы, которых может быть достаточно, чтобы растопить ледяной покров спутника и образовать на Европе постоянный жидкий океан. Европа обращается вокруг Юпитера, и гигантское гравитационное поле планеты сжимает спутник, как резиновый мячик, создает напряжения и трение глубоко в коре, а это в свою очередь может вызвать таяние льда. Только в нашей Солнечной системе больше сотни спутников; это означает, что в ней, за пределами «зоны жизни», может оказаться немало лун с пригодными для жизни условиями. (И у 300 известных гигантских планет в других солнечных системах тоже могут быть замороженные луны, пригодные для жизни.)

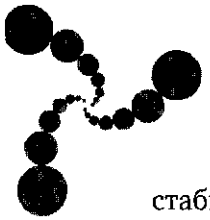
Более того, ученые считают, что во Вселенной, вполне возможно, имеется множество блуждающих планет, которые не обращаются больше вокруг своей звезды. Благодаря приливным силам любой спутник такой блуждающей планеты может иметь под коркой льда жидкие океаны, а значит, и жизнь. Но такие планеты (и, естественно, их спутники) невозможно обнаружить нашими инструментами — ведь мы в своих поисках опираемся на свет центральной звезды.

С учетом того, что число лун в любой солнечной системе, скорее всего, намного превосходит число планет, а также с учетом вероятного присутствия в Галактике миллионов блуждающих планет, число астрономических тел с теми или иными формами жизни во Вселенной может оказаться гораздо больше, чем считалось ранее.

Однако другие астрономы, исходя из целого ряда факторов, делают вывод, что шансы на существование жизни на планетах в пределах «зоны жизни», должны быть, вероятно, гораздо ниже, чем оценивал Дрейк.

Во-первых, компьютерные расчеты показывают, что для существования в солнечной системе жизни необходимо присутствие в ней планеты-гиганта вроде Юпитера (такая планета будет отбрасывать пролетающие кометы и астероиды, постоянно расчищая пространство своей системы). Если бы в нашей Солнечной системе не было Юпитера, Землю постоянно бомбардировали бы метеориты и кометы, и жизнь на нашей планете была бы невозможна. Согласно оценке д-ра Джорджа Уэзерилла, астронома из Института Карнеги в Вашингтоне, не будь в Солнечной системе Юпитера и Сатурна, Земля испытывала бы в тысячу раз больше столкновений с астероидами, а страшные катастрофы, угрожающие жизни на планете (вроде той, что 65 млн лет назад уничтожила динозавров), происходили бы каждые 10 000 лет. «Трудно представить, как жизнь могла бы выжить в подобных условиях», — говорит Уэзерилл.

Во-вторых, у нашей планеты есть дополнительное сокровище — большой спутник, который помогает стабилизировать ее вращение. Ученые создали гравитационную модель (на основании законов тяготения Ньютона) и просчитали движение тел на миллионы лет; получилось, что без Луны наклон земной оси, вероятно, не был бы постоянным, и планета могла бы даже перевернуться. Жизнь при этом тоже оказалась бы невозможна. Согласно оценкам французского астронома д-ра Жака Ласкера, без Луны наклон земной оси колебался бы в пределах от 0 до 54 °С; следствием этого стали бы экстремальные колебания климата, несовместимые с жизнью. Таким образом, наличие у планеты крупного спутника также следует причислить к необходимым для жизни условиям, которые фигурируют в уравнении Дрейка. (Тот факт, что Марс имеет лишь два крохотных спутника, слишком мелких для



стабилизации его вращения, означает, что в прошлом Красная планета, возможно, переворачивалась и может снова перевернуться в будущем.)

В-третьих, недавно полученные геологические данные указывают на то, что в прошлом жизнь на Земле много раз оказывалась на грани исчезновения. Около двух миллиардов лет назад Земля, вероятно, полностью покрылась льдом; жизнь на ней едва теплилась. В другие периоды поставить жизнь на планете на грань полного исчезновения могли, скажем, извержения вулканов или падение крупных метеоритов. Итак, процесс возникновения и развития жизни легко может быть прерван; он куда более хрупок и уязвим, чем казалось нам ранее.

В-четвертых, разумная жизнь на Земле в прошлом тоже не раз оказывалась на грани исчезновения. Примерно 100 000 лет назад на планете, по результатам последних исследований ДНК, жило всего лишь от нескольких сотен до нескольких тысяч людей. В отличие от большинства животных, которые даже в пределах одного вида имеют значительные генетические различия, человеческие существа генетически почти идентичны. В сравнении с царством животных мы все почти что клоны друг друга. Этот феномен можно объяснить только тем, что в истории человечества были «узкие места», т. е. времена, когда почти весь род человеческий оказывался стертым с лица Земли. К примеру, извержение крупного вулкана могло вызвать резкое похолодание климата и погубить тем самым чуть ли не все человечество.

Можно отметить и другие благоприятные случайности, без которых жизнь на Земле не возникла бы. Среди них:

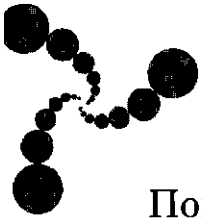
- Сильное магнитное поле. Оно необходимо для защиты от космических лучей и радиации, способных уничтожить все живое на Земле.
- Умеренная скорость вращения. Если бы Земля вращалась слишком медленно, обращенная к Солнцу сторона успевала бы выгореть, тогда как другая сто-

рона надолго замерзала бы. Если бы Земля вращалась слишком быстро, погода была бы чрезвычайно неустойчивой; постоянно дули бы чудовищные ветры и бушевали бури.

• Расположение на оптимальном расстоянии от центра Галактики. Если бы Земля располагалась слишком близко к центру галактики Млечный Путь, она постоянно находилась бы под ударом опасного излучения. Если бы наша планета находилась слишком далеко от центра Галактики, на ней не нашлось бы достаточного количества тяжелых элементов для возникновения молекул ДНК и протеинов.

Учитывая все вышесказанное, астрономы в настоящий момент считают, что жизнь могла бы существовать за пределами «зоны жизни», на спутниках планет или блуждающих планетах, но шансы на существование пригодных для жизни планет земного типа в пределах этой зоны значительно ниже, чем считалось ранее. В целом большинство исследователей уравнения Дрейка сходятся в том, что шансы обнаружить цивилизацию в Галактике, вероятно, ниже, чем предполагал сам Дрейк.

Профессоры Питер Уорд и Дональд Браунли утверждают: «Мы считаем, что жизнь в форме микробов и подобных им существ вполне обычна во Вселенной — возможно, даже более обычна, чем полагали Дрейк и Саган. Однако сложная жизнь — животные и высшие растения — встречается, скорее всего, гораздо реже, чем обычно считают». В действительности Уорд и Браунли допускают даже возможность, что Земля может быть единственной планетой в Галактике, где существует животная жизнь. (Безусловно, эта теория может погубить в зародыше всякие поиски разумной жизни в нашей Галактике, но вопрос о существовании жизни в других, отдаленных галактиках она все же оставляет открытым.)



Поиск землеподобных планет

Уравнение Дрейка, разумеется, имеет чисто гипотетический характер. Именно поэтому обнаружение за пределами Солнечной системы планет дало толчок поиску внеземной жизни. При этом исследование планет в других солнечных системах сильно затруднено тем фактом, что планету невозможно увидеть даже в самый сильный телескоп — ведь она не излучает собственного света. Как правило, планета в миллион, а то и в миллиард раз тусклее своей звезды.

Чтобы обнаружить в чужих звездных системах планеты, ученым приходится анализировать крохотные колебания центральной звезды — ведь уже планета-гигант вроде Юпитера вполне способна изменять орбиту звезды. (Представьте себе собаку, которая гоняется за собственным хвостом. Точно так же звезда и обращающаяся вокруг нее планета размером с Юпитер на самом деле «гоняются» друг за другом вокруг общего центра масс. Телескоп не в состоянии разглядеть темную планету, но центральная звезда системы при этом ясно видна и заметно колеблется из стороны в сторону.)

Первую достоверную внесолнечную планету обнаружил в 1994 г. Александр Волчан из Университета штата Пенсильвания. Он сумел пронаблюдать планеты, обращающиеся вокруг мертвой звезды, вращающегося пульсара. Поскольку центральная звезда этой системы, по всей видимости, когда-то взорвалась как сверхновая, эти планеты тоже, скорее всего, выжжены и мертвы. В следующем году два швейцарских астронома из Женевы, Мишель Майор и Дидье Кело, объявили, что им удалось обнаружить более многообещающую планету массой примерно с Юпитер около звезды 51 Пегаса. Вскоре после этого «плотину прорвало», и экзопланеты стали появляться одна за другой.

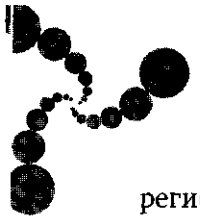
В последние десять лет число планет, которые астрономы ежегодно обнаруживают возле далеких звезд, быстро растет. Геолог Брюс Джакоски из Университета Колорадо в Боулдере

говорит: «Сейчас особый период в истории человечества. Мы первое поколение, у которого есть реальный шанс обнаружить жизнь на другой планете».

Но ни одна из обнаруженных до сих пор солнечных систем не похожа на нашу. Когда-то астрономы считали, что Солнечная система типична и что такие системы часто встречаются во Вселенной. Ее основные черты — круговые орбиты планет и четкое деление планет на три типа: каменные планеты возле центральной звезды, далее газовые гиганты и, наконец, кометный пояс из летающих ледяных гор.

Но астрономы, к своему большому изумлению, обнаружили, что ни одна из планет в других системах не соответствует этой простой схеме. В частности, планеты-гиганты вроде Юпитера, казалось бы, должны располагаться далеко от центральной звезды; на самом же деле многие из них обращаются или по очень близкой к звезде орбите (даже ближе, чем Меркурий в Солнечной системе), или по очень сильно вытянутой. В любом из этих случаев на существование маленькой планеты земного типа в пределах «зоны жизни» надеяться не приходится. Если планета класса Юпитера обращается по очень близкой к звезде орбите, это означает, что она мигрировала туда с далекой орбиты и теперь по спирали приближается к центру своей системы (вероятно, ее постепенно тормозит пыль). В какой-то момент эта гигантская планета должна была пересечь орбиту маленькой планеты земного типа; при этом меньшая планета оказалась бы выброшенной в глубины космоса. Если же планета величиной с Юпитер обращается вокруг звезды по сильно вытянутой орбите, это означает, что она регулярно пересекает «зону жизни», опять же отбрасывая при этом прочь от звезды любую встреченную планету земного типа.

Такие результаты, конечно, разочаровали охотников за планетами и астрономов, рассчитывавших на планеты земного типа, но по зрелому размышлению именно таких результатов и следовало ожидать. Наши инструменты настолько грубы, что



регистрируют только самые крупные, самые стремительные планеты-гиганты, способные оказать на центральную звезду заметное влияние. Поэтому неудивительно, что сегодняшние телескопы регистрируют только чудовищно большие планеты, которые к тому же стремительно перемещаются в пространстве. Если бы где-нибудь существовал точный близнец нашей Солнечной системы, наши грубые инструменты, вероятно, не смогли бы его обнаружить.

Возможно, ситуация изменится после запуска космических аппаратов «Коро», «Кеплер» и TPF (что означает «Искатель землеподобных планет»). Предполагается, что эти обсерватории сумеют отыскать в космосе несколько сотен планет земного типа.

«Коро» и «Кеплер», к примеру, должны искать слабую тень, которую отбрасывает планета земного типа на поверхность центральной звезды, чуть ослабляя при этом ее свет. Хотя саму планету увидеть не удастся, спутник сможет зарегистрировать легкое падение блеска центральной звезды.

Французский спутник «Коро» (его название составлено из букв французских слов «конвекция», «вращение» и «прохождение планеты») успешно запущен в декабре 2006 г.; это новая точка отсчета, первый космический зонд для поиска планет за пределами Солнечной системы. Ученые надеются обнаружить с его помощью от десяти до сорока планет земного типа. Если их ожидания оправдаются, то можно будет говорить об обнаружении каменных планет — а не газовых гигантов, — всего в несколько раз превосходящих по размеру нашу Землю. Кроме того, «Коро», вероятно, добавит новые строки в уже имеющийся список юпитероподобных планет. «"Коро" в отличие от нынешних приборов наземного базирования сможет обнаруживать планеты любых размеров и любой природы», — говорит астроном Клод Катала. Ученые надеются, что этот спутник просканирует до 120 000 звезд.

В любой момент можно ожидать сообщения о том, что «Коро» обнаружил в космосе первую планету земного типа,

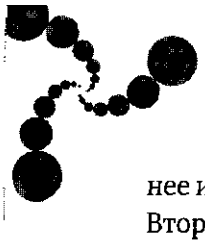
и этот момент станет поворотным пунктом в истории астрономии. Возможно, в будущем люди испытают шок при взгляде на звездное небо — ведь они будут точно знать, что там, у далеких звезд, есть планеты, пригодные для разумной жизни. Глядя в небеса, мы, возможно, станем всерьез задаваться вопросом: а не смотрит ли кто-нибудь оттуда на нас?

Запуск спутника «Кеплер» NASA в настоящий момент намечает на май 2009 г. Спутник снабжен настолько чувствительной аппаратурой, что сможет, как ожидается, обнаружить в космосе до нескольких сотен землеподобных планет. Он должен будет измерить яркость 100 000 звезд и обнаружить при этом прохождения планет по звездному диску. За четыре года, на которые рассчитана программа его работы, «Кеплер» должен пронаблюдать и проанализировать тысячи звезд на расстояниях до 2000 световых лет от Солнца. По приблизительным оценкам ученых, за первый год на орбите спутник должен обнаружить:

- 50 планет размером примерно с Землю;
- 185 планет крупнее Земли примерно на 30%;
- 640 планет примерно в 2,2 раза крупнее Земли.

Возможно, самые верные шансы обнаружить планеты земного типа имеет обсерватория TPF, или Terrestrial Planet Finder. После нескольких задержек запуск предварительно назначен на 2014 г.[1]; этот спутник должен будет с большой точностью проанализировать сто звезд на расстояниях до 45 световых лет. Предполагается оборудовать его двумя отдельными приборами для поиска далеких планет. Первый из них — коронограф, особый телескоп, который блокирует свет центральной звезды, ослабляя его в миллиард раз. Этот телескоп будет в три-четыре раза круп-

[1] К сожалению, этот срок представляется слишком оптимистическим. Ни в 2008 финансовом году, ни в 2009-м NASA не располагает средствами на опытно-конструкторские работы по проекту TPF *и вынуждено ограничиваться разработкой для него отдельных технологий. — Прим. пер.*



нее и в десять раз точнее космического телескопа имени Хаббла. Вторым прибором на TPF станет интерферометр, способный за счет интерференции световых волн ослабить свет центральной звезды в миллион раз.

Тем временем Европейское космическое агентство планирует в 2015 г. или позже запустить собственную космическую систему для поиска далеких планет под названием «Дарвин». Предполагается, что она будет состоять из трех телескопов примерно по 3 м в диаметре, которые будут летать «строем» и работать как один большой интерферометр. Эта обсерватория также будет заниматься поиском в космосе планет земного типа.

Если ученым действительно удастся найти в космосе несколько сотен землеподобных планет, это, кроме всего прочего, позволит более рационально распределить усилия по программе SETI. Вместо того чтобы просматривать все ближние звезды подряд, астрономы смогут сосредоточить усилия на небольшом числе звезд, возле которых, возможно, имеются планеты земного типа.

На что они похожи?

Пока астрономы ищут инопланетян в космосе, другие ученые на основании данных физики, биологии и химии пытаются догадаться, на что может быть похожа инопланетная жизнь. Еще Исаак Ньютон, например, задавался вопросом: почему все животные, которых мы видим вокруг, обладают двусторонней симметрией (все они имеют симметрично расположенные два глаза, две «руки» и две «ноги»)? Что это — счастливая случайность или промысел Божий?

Сегодня биологи считают, что во время «кембрийского взрыва», примерно полмиллиарда лет назад, природа экспериментировала с огромным количеством всевозможных форм и видов только появлявшихся тогда крошечных многоклеточных существ. Некоторые из них имели хорды в виде букв X, Y или Z.

Другие обладали центральной симметрией, подобно современным морским звездам. Случайно среди прочих появилось существо с хордой в виде буквы I и двусторонней симметрией тела — и именно оно стало предком большинства млекопитающих на Земле. Так что в принципе инопланетная разумная жизнь не обязательно должна быть гуманоидной и обладать двусторонней симметрией — той самой, которую активно использует Голливуд при изображении инопланетян.

Кое-кто из биологов считает, что причина такого многообразия всевозможных форм жизни во время «кембрийского взрыва» кроется в «гонке вооружений» между хищником и жертвой. Появление многоклеточных организмов, способных поглощать и переваривать другие организмы, дало толчок ускоренной эволюции тех и других; каждый старался перехитрить соперника. Точно так же во время холодной войны гонка вооружений между Советским Союзом и Соединенными Штатами заставляла тех и других шевелиться, чтобы ни в коем случае не отстать.

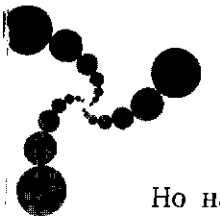
Изучая зарождение жизни на Земле, можно сделать некоторые предположения и о том, как вообще может возникнуть разумная жизнь. Ученые считают, что для разумной жизни, скорее всего, необходимы:

1) какое-то зрение или другой чувственный механизм, позволяющий изучать окружающую обстановку;

2) какой-то механизм для хватания — это могут быть противопоставленные пальцы, как у нас, но могут быть и щупальца, клешни или другие приспособления;

3) какая-то коммуникационная система, например речь.

Эти три условия необходимы, чтобы чувствовать окружающую действительность, а со временем — и управлять ею; оба эти качества являются отличительными особенностями разума.



Но на этом всякая определенность заканчивается. Вопреки тому, что мы каждый день видим на телеэкране, инопланетяне вовсе не обязаны быть похожи на людей. Большеглазые, похожие на детей пришельцы с кино- и телеэкранов подозрительно напоминают инопланетян из второсортных фильмов 50-х гг. прошлого века; еще тогда этот образ намертво закрепился в нашем подсознании.

(Некоторые антропологи, однако, добавляют к трем условиям возникновения разума четвертый; это условие должно объяснить следующий любопытный факт: человек гораздо умнее, чем необходимо для выживания в лесу. Наш мозг способен овладеть принципами космического полета, квантовой теорией, сложной математикой — очевидно, эти навыки совершенно ни к чему лесным охотникам и собирателям. Зачем нужны эти избыточные возможности мозга? В природе, если мы исследуем пару животных, также обладающих навыками, намного превосходящими требования выживания, — такие как леопард и антилопа, — то обнаружится, что между этими видами шла «гонка вооружений». Аналогично некоторые ученые считают, что существует четвертое условие — биологическая «гонка вооружений», подталкивающая вид к развитию разума. Возможно, в нашем случае «гонка вооружений» шла между разными особями одного — нашего — вида.)

Подумайте о громадном разнообразии форм жизни на Земле. Если бы кто-то в течение нескольких миллионов лет занимался направленной селекцией октоподов, вполне можно допустить, что они тоже стали бы разумными. (Мы отделились от человекообразных обезьян 6 млн лет назад, вероятно, потому, что были плохо приспособлены к изменениям климата на Африканском континенте. Наоборот, осьминог очень хорошо приспособлен к жизни в подводных укрытиях под скалами и потому уже миллионы лет не меняется.) Биохимик Клиффорд Пиковер говорит, что, когда он смотрит «на всяких ракообразных безумного вида, медуз с мягкими щупальцами, гротескных

червей-гермафродитов и прочую плесень», он понимает, что «у Бога есть чувство юмора и что нам еще предстоит увидеть во Вселенной отражение всего этого в иной форме».

Но Голливуд, вероятно, прав, когда изображает представителей иных разумных форм жизни плотоядными. Пришельцы-хищники, конечно, гарантируют фильму более высокие сборы — но не только; здесь есть и доля правды. Как правило, хищники умнее своих жертв. Чтобы поймать добычу, они вынуждены планировать, выслеживать, прятаться и нападать из засады. У лис, собак, тигров и львов глаза располагаются впереди, чтобы удобнее было оценивать дистанцию при прыжке. Два глаза позволяют им видеть трехмерное стереоизображение и фокусировать взгляд на жертве. С другой стороны, добыче — такой, как олени и кролики, — достаточно знать, куда и как убегать. Их глаза располагаются по разные стороны головы, обеспечивая полный круговой обзор, и позволяют постоянно видеть все вокруг на 360 градусов.

Другими словами, очень может быть, что инопланетная разумная жизнь также появилась в результате эволюции вида хищников с глазами — или иным чувствительным органом — на голове спереди. Возможно, для этих существ характерны также плотоядность, агрессивность и территориальное поведение, которое мы наблюдаем на Земле у волков, львов и людей. (Но поскольку эти формы жизни возникли, по всей видимости, на основе совершенно иных молекул ДНК и протеинов, им должно быть совершенно не интересно нас поедать или спариваться с нами.)

Можно также воспользоваться знанием физики и предположить, какого размера может быть тело подобного существа. Предполагая, что живут они на планете земного типа и, подобно земным существам, имеют плотность тканей, примерно равную плотности воды, мы можем исключить слишком большие размеры благодаря закону масштабирования; этот закон утверждает, что с увеличением размеров любого объекта законы природы для него меняются буквально катастрофически.

Чудовища и закон масштаба

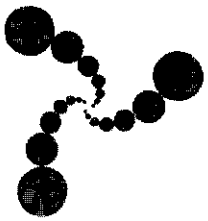
Рассмотрим пример. Если бы Кинг-Конг существовал на самом деле, он никак не мог бы терроризировать Нью-Йорк. Наоборот, при первой же попытке шагнуть у него *сломались бы ноги*. Дело в том, что, если взять обезьяну и увеличить ее пропорционально в десять раз, ее вес при этом увеличится пропорционально объему, т. е. в тысячу раз ($10 \times 10 \times 10 = 1000$). Итак, обезьяна стала в тысячу раз тяжелее. Но ее сила увеличилась пропорционально толщине костей и мускулов. Площадь сечения костей и мышц увеличивается пропорционально квадрату линейной величины, т. е. вдесятеро ($10 \times 10 = 100$). Другими словами, если Кинг-Конг будет в 10 раз больше обычной обезьяны, то он будет превосходить ее силой всего в сто раз, а весить в тысячу раз больше. Таким образом, при увеличении размера обезьяны вес растет гораздо быстрее, чем сила. Если говорить относительно, то Кинг-Конг окажется в 10 раз слабее обычной обезьяны. Вот почему его ноги сразу же сломаются.

Помню, как в начальной школе наш учитель удивлялся силе муравья, способного поднять лист, во много раз более тяжелый, чем сам муравей. Учитель делал из этого вывод, что будь муравей размером с дом, он мог бы легко поднять и унести этот дом. Но это предположение неверно. Причина та же, что и в случае с Кинг-Конгом. Если бы муравей был размером с дом, его ноги тоже сломались бы. Если увеличить муравья в тысячу раз, он *станет в 1000 раз слабее* обычного муравья и потому рухнет под собственным весом. (А также задохнется. Муравей дышит через отверстия в боку. Площадь сечения воздушных каналов растет как квадрат радиуса, а объем муравья — как куб радиуса. Таким образом, муравей в 1000 раз больше обычного будет получать в 1000 раз меньше воздуха, чем необходимо для нормального снабжения кислородом мускулов и тканей тела. Кстати говоря, именно поэтому чемпионами в фигурном катании на коньках и гимнастике становятся, как правило, люди

небольшого роста, но нормальных пропорций. Они обладают большей мускульной силой на единицу веса, чем высокие люди.)

При помощи закона масштабирования мы можем также определить примерные параметры животных на Земле и, вероятно, инопланетян в космосе. Тепло, излучаемое живым организмом, пропорционально площади его поверхности. Следовательно, при увеличении животного в 10 раз его теплопотери вырастут в 100 раз. Но количество тепла в теле пропорционально его объему и поэтому вырастет в 1000 раз. Следовательно, крупные животные теряют тепло медленнее, чем мелкие. (Именно поэтому зимой у нас первыми замерзают пальцы и уши — у них максимальная относительная площадь поверхности; именно поэтому маленькие люди замерзают быстрее, чем крупные. Этим же можно объяснить, почему газеты сгорают очень быстро — у них очень большая относительная площадь, а толстые поленья горят медленно — у них площадь поверхности относительно невелика.) Этим объясняется также, почему киты в Арктике имеют каплевидную форму — из всех геометрических форм минимальной площадью поверхности на единицу массы обладает сфера. И почему насекомые в теплом климате могут себе позволить произвольную форму с относительной большой площадью поверхности на единицу массы.

В фильме киностудии Диснея «Дорогая, я уменьшил детей» все члены семьи уменьшаются до размеров муравьев. Начинается гроза, и мы видим, как в микромире крохотные капли падают в лужи. На самом деле дождевая капля с точки зрения муравья должна выглядеть не крохотной капелькой, а громадной водяной полусферой. В обычном мире полусферический объем воды будет нестабилен и растечется под собственной тяжестью, но в микромире сила поверхностного натяжения относительно велика и легко удерживает воду в полусферическом объеме (представьте себе каплю на листе).



Аналогично на основании законов физики мы можем примерно оценить соотношение площади поверхности к объему для животных, обитающих на далеких планетах. Эти законы подсказывают нам, что инопланетяне из космоса, вероятнее всего, не будут гигантами, каких очень любит изображать научная фантастика. Скорее они будут напоминать по размеру нас. (Киты намного превосходят нас размерами, потому что живут в более плотной среде, морской воде. Именно поэтому выброшенный на берег кит умирает, раздавленный собственным весом.)

Закон масштабирования означает, что с погружением глубже и глубже в микромир законы природы меняются. Этим объясняется тот факт, что квантовая теория представляется такой странной — ведь она противоречит нашим представлениям о Вселенной, основанным на опыте и здравом смысле. Закон масштабирования исключает знакомую нам по фантастике идею о вложенных мирах (суть ее состоит в том, что в любом атоме может скрываться целая вселенная, и наоборот, наша галактика является атомом другой, гораздо более крупной вселенной). Эту идею, в частности, использовали авторы фильма «Люди в черном». В финальной сцене фильма камера отступает от Земли, в поле зрения появляются планеты, звезды, галактики — и в конце концов становится видно, что вся наша Вселенная — мячик в игре гигантских представителей иного разума.

На самом деле Галактика нисколько не похожа на атом, а электроны в своих оболочках ничем не напоминают планеты. Нам известно, что все планеты не похожи друг на друга и могут обращаться вокруг центральной звезды по любой орбите. В атомах же все субатомные частицы совершенно одинаковы. Они не могут обращаться вокруг ядра на произвольном расстоянии; наоборот, они могут двигаться только по дискретным орбитам. (Более того, в отличие от планет электроны способны вести себя необычно, вопреки здравому смысл, например находиться в двух местах одновременно или обладать свойствами волны.)

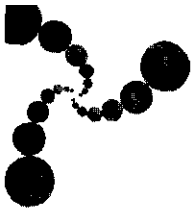
Физика развитых цивилизаций

Для разговора о том, какими могут оказаться космические цивилизации, тоже можно воспользоваться знанием физических законов. Если взглянуть на развитие нашей собственной цивилизации за последние 100 000 лет, т.е. с того момента, как в Африке появились первые люди современного типа, можно увидеть, что это история все возрастающего потребления энергии. Русский астрофизик Николай Кардашев выдвинул предположение о том, что стадии развития внеземных цивилизаций Вселенной тоже можно классифицировать по уровню потребления энергии. Он разделил все возможные цивилизации на три группы:

1. Цивилизации I типа: те, кто собирает планетарную энергию, полностью используя падающий на планету солнечный свет. Возможно, представители этих цивилизаций овладели энергией вулканов, научились управлять погодой, контролировать землетрясения и строить города в глубинах океана. Вся энергия планеты находится у них под контролем.

2. Цивилизации II типа: те, кто полностью использует энергию своего светила, что делает их в 10 млрд раз могущественнее цивилизаций I типа. Федерация планет в сериале «Звездный путь» принадлежит к цивилизациям II типа. Такая цивилизация в определенном смысле бессмертна; ни один из известных науке факторов, таких как ледниковый период, столкновение с астероидом или даже сверхновая, не в состоянии погубить ее. (Если их собственная звезда вскоре должна взорваться, эти существа могут переселиться в другую звездную систему или даже перевести к другой звезде собственную планету.)

3. Цивилизации III типа: те, кто может пользоваться энергией целой галактики, что делает их в 10 млрд раз



могущественнее цивилизаций II типа. Этому типу соответствуют цивилизация боргов в «Звездном пути», Империя в «Звездных войнах» и галактическая цивилизация в серии Азимова про Основание. Каждая из этих цивилизаций колонизировала миллиарды звездных систем и способна использовать энергию черной дыры в центре своей галактики. Они свободно путешествуют по всей галактике.

Кардашев считает, что любая цивилизация, энергетическое потребление которой растет с умеренной скоростью (несколько процентов в год), будет стремительно переходить с одной ступени на другую; такой переход займет у нее от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч лет.

Как я уже рассказывал в своих предыдущих книгах, наша цивилизация может считаться цивилизацией типа 0 (так как наши машины работают на энергии горения мертвых растений, нефти и угля). Мы используем лишь крохотную частичку всей солнечной энергии, которая достается нашей планете. Но уже сегодня можно видеть, как на Земле зарождаются первые признаки цивилизации I типа. Интернет — зародыш системы дальней связи, которая охватит в будущем всю планету. В появлении и развитии Европейского союза, созданного в противовес Североамериканской зоне свободной торговли, можно разглядеть зачатки экономики I типа. Английский уже стал главным языком международного общения на Земле, языком науки, финансов и бизнеса. Мне кажется, он может со временем стать языком цивилизации I типа, на котором будут говорить буквально все жители планеты. Местные культуры и обычаи будут и дальше процветать на Земле в тысячах самых разных вариантов, но на всю эту мозаику наций и народностей наложится единая земная культура — возможно, доминантой в ней будут служить молодежная культура и коммерциализм.

Успешный переход цивилизации с одной ступени на другую вовсе не гарантирован. К примеру, самым опасным может оказаться переход с типа 0 к типу I. Цивилизация нулевого типа все еще страдает от сектантства, фундаментализма и расизма, характерных для периода бурного развития, и неясно, позволят ли эти племенные и религиозные страсти осуществить переход. (Не исключено, что мы не видим в Галактике цивилизаций I типа именно потому, что перехода, как правило, не происходит, цивилизация саморазрушается. Когда-нибудь, добравшись до иных звезд, мы вполне можем наткнуться на останки цивилизаций, которые убили себя: атмосфера их планеты сделалась радиоактивной или, скажем, слишком горячей и непригодной для жизни.)

К моменту, когда цивилизация достигает III стадии, у нее уже достаточно энергии и знаний, чтобы свободно путешествовать по Галактике и, скажем, посетить планету Земля. Такие цивилизации вполне способны — как в фильме «2001» — разослать по всей Галактике в поисках разумной жизни самовоспроизводящиеся автоматические зонды.

Но цивилизация III типа вряд ли захочет навестить или завоевать нас, как в фильме «День независимости», где такая цивилизация распространяется по галактике как саранча, захватывая планеты одну за другой и высасывая из них ресурсы досуха. На самом деле в космосе бесчисленное количество мертвых планет с богатейшими запасами минеральных ресурсов, и их можно беспрепятственно собирать, не связываясь с упрямым местным населением. Отношение цивилизации III типа к нам можно было бы сравнить с нашим отношением к муравьям и муравейнику. Мы ведь не будем склоняться над муравейником и предлагать его обитателям бусы и прочие безделушки; скорее мы просто не будем обращать на них внимание.

Для муравьев главная опасность не в том, что люди вдруг захотят вторгнуться в муравейник или уничтожить муравьиный род. Главная опасность — в том, что муравейник помеша-

ет людям, и его просто походя снесут. Не забывайте, что если говорить об энергопотреблении, то расстояние между цивилизацией III типа и нашей цивилизацией нулевого типа гораздо больше, чем между нами и муравьями.

НЛО

Некоторые люди утверждают, что инопланетяне уже бывали на Земле и именно им принадлежат таинственные НЛО. Услышав о летающих тарелочках, ученые, как правило, закатывают глаза и отвергают всякую возможность принадлежности их представителям инопланетной цивилизации; отговариваются обычно тем, что межзвездные расстояния слишком громадны. Но, несмотря на реакцию ученых, количество сообщений об НЛО с годами не уменьшается.

Первые случаи наблюдения неопознанных летающих объектов восходят к началу письменной истории. К примеру, в Библии пророк Иезекииль упоминает загадочные «колеса внутри колес в небе»; кое-кто считает эти слова описанием НЛО. В 1450 г. до н. э. в Египте, во время правления фараона Тутмоса III, египетские жрецы оставили описание некоего события, где присутствовали «огненные круги» ярче солнца, размером около 5 м; эти круги появлялись в течение нескольких дней и в конце концов поднялись в небо. В 91 г. до н. э. римский автор Юлий Обсеквенс писал о «круглом объекте, вроде шара, овального или круглого щита, который двигался по небу». В 1235 г. японский генерал Ёрицуме и его армия наблюдали в небе возле Киото странные светящиеся шары. В 1561 г. в небе над Нюрнбергом в Германии видели множество объектов, которые как будто вели между собой воздушный бой.

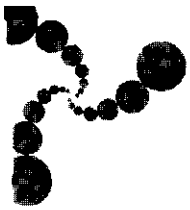
В середине XX в. ВВС США предприняли крупномасштабное исследование всевозможных сообщений о наблюдении НЛО. В 1952 г. ВВС запустили проект «Синяя книга», в котором было проанализировано 12 618 подобных сообщений. В итого-

вом докладе говорилось, что огромное большинство их может быть объяснено наблюдением естественных явлений или обычных воздушных судов, а также намеренным обманом. Тем не менее 6% случаев не получили никакого объяснения. В 1969 г. появился доклад Кондона, где отвергалась всякая возможность внеземного происхождения НЛО и польза подобных исследований, и проект «Синяя книга» был закрыт. Это был последний известный проект такого рода в американских ВВС.

В 2007 г. французское правительство ознакомило широкую общественность с накопленными за много лет данными по НЛО. Доклад, опубликованный в Интернете французским Национальным центром космических исследований, охватывает 1600 случаев наблюдения НЛО на протяжении 50 лет; в нем 100 000 страниц рассказов свидетелей, кино- и аудиозаписей. Французское правительство утверждает, что 9% случаев можно объяснить полностью, 33% имеют вероятное объяснение, но все остальные достоверно объяснить не удалось.

Разумеется, независимую проверку подобных сообщений провести очень трудно. Вообще, бóльшую часть сообщений о наблюдении НЛО можно отмести как недостоверные, если учесть следующее.

1. Планета Венера — самый яркий объект на земном небе после Луны. Она находится очень далеко от наблюдателя, поэтому, если вы едете в машине, кажется, что эта светящаяся точка движется за вами, причем намеренно. Точно такое же впечатление, кстати говоря, создается при наблюдении Луны. Человек судит о расстоянии до движущегося объекта, сравнивая его с другими объектами вокруг. Луна и Венера находятся очень далеко и сравнивать их нам не с чем, они вообще не движутся относительно окружающих нас предметов, отсюда и иллюзия того, что эти небесные объекты следуют за нами.



2. Болотный газ. Если над болотистой местностью возникает температурная инверсия, выделяющийся газ может накапливаться над самой землей; иногда он даже слегка светится. Небольшие скопления газа, отделяясь от крупных, могут создавать впечатление разведкатеров, покидающих «корабль-матку».

3. Метеоры. Эти небесные тела могут несколько секунд вычерчивать на ночном небе яркие полосы, создавая впечатление полета управляемого корабля. Иногда метеор может разделиться, опять же создавая впечатление разведкатеров, покидающих «корабль-матку».

4. Атмосферные аномалии. Всевозможные молнии во время грозы и необычные атмосферные явления могут освещать небо самым неожиданным образом, создавая иллюзию НЛО.

В XX и XXI вв. рассказы об НЛО могут порождаться и другими явлениями.

1. Радарное эхо. Излучение радара, отражаясь от гор и других естественных объектов, может создавать эхо, которое тоже будут принимать антенны радара. Такое эхо может даже двигаться по экрану зигзагом или на громадной скорости — ведь это всего лишь эхо.

2. Метео- и другие исследовательские воздушные шары. Военные в своем довольно спорном докладе утверждают, что причиной знаменитого слуха об аварии в 1947 г. инопланетного корабля в Розвелле, штат Нью-Мексико, стал отказавший аэростат проекта «Могул» — сверхсекретного проекта по мониторингу уровней радиации в атмосфере в случае начала ядерной войны.

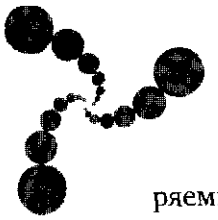
3. Самолеты. Известны случаи, когда причиной сообщений об НЛО становились пассажирские и военные самолеты. Особенно часто это происходит в случае экс-

периментальных полетов новейших экспериментальных самолетов, таких как бомбардировщик «стелс». (Военные США даже поощряли слухи о летающих тарелочках, чтобы отвлечь внимание от собственных сверхсекретных проектов.)

4. Намеренный обман. Некоторые из самых известных снимков летающих тарелочек на самом деле являются подделками. Одна из известнейших летающих тарелок с окошками и опорами на самом деле представляла собой слегка переделанную кормушку для цыплят.

На основании всего вышесказанного может быть отвергнуто по крайней мере 95% случаев наблюдения НЛО. Но оставшиеся несколько процентов по-прежнему остаются необъясненными. Наиболее достоверные случаи наблюдения НЛО включают: а) многочисленные свидетельства независимых, достойных доверия людей и б) свидетельства из различных источников, скажем данные людей-наблюдателей и радара. От таких случаев труднее отмахнуться, так как несколько независимых источников отчасти подтверждают друг друга. Так, в 1986 г. НЛО над Аляской наблюдали пассажиры рейса 1628 японской авиакомпании JAL; Федеральная авиационная администрация США провела расследование этого происшествия. Кроме пассажиров самолета НЛО наблюдал и наземный радар. Аналогично в 1989–1990 гг. радары неоднократно наблюдали над Бельгией черные треугольники; их видели также радар НАТО и самолеты-перехватчики. В 1976 г. НЛО видели над иранским городом Тегераном; результатом, как явствует из документов ЦРУ, стали многочисленные отказы оборудования на перехватчике F-4.

Ученых приводит в отчаяние тот факт, что из тысяч зарегистрированных случаев наблюдения НЛО ни один не дал никаких реальных материальных свидетельств, которые можно было бы изучить в лаборатории и получить при этом повто-



ряемые результаты. Никакой чужой ДНК, никаких чужих компьютерных чипов — вообще нет никаких материальных свидетельств посадки инопланетных кораблей на Землю.

Предположим на мгновение, что НЛО все же представляют собой не иллюзии, а реальные космические корабли; тогда можно спросить себя, какие именно это корабли. Вот некоторые из характеристик, на которые указывают рассказы свидетелей.

А. Известно, что они могут резко менять направление полета.

Б. Известно, что вблизи них перестает действовать зажигание в автомобилях и вообще электрические приборы.

В. Они могут бесшумно висеть в воздухе.

Ни одна из этих характеристик не имеет отношения к земным ракетам. К примеру, все известные нам ракеты действуют на основании третьего закона Ньютона (действие равно противодействию); но наблюдаемые НЛО, похоже, не выбрасывают реактивной струи — да и вообще ничего. Кроме того, перегрузки в летающей тарелке, выделывающей в небе стремительные зигзаги, должны были бы составить 100 g и более; такие перегрузки не в состоянии выдержать ни одно живое существо на Земле.

Может ли современная наука объяснить такие характеристики летающих тарелочек, по-прежнему предполагая, что сообщения о них правда и НЛО существуют? В кино, например в фильме «Земля против летающих тарелочек», всегда предполагается, что этими кораблями управляют инопланетяне. Но гораздо более вероятно, что эти корабли, если они существуют, — автоматические (или их пилотируют наполовину органические, наполовину механические существа). Это объяснило бы маневры, которые раздавили бы любое живое существо.

Корабль, способный блокировать зажигание и бесшумно висеть в воздухе, заставляет предположить в качестве движите-

ля магнитные силы. Проблема в том, что у магнита всегда два полюса, северный и южный. Если вы поместите такой магнит в магнитное поле Земли, он просто развернется (подобно стрелке компаса), но не будет висеть в воздухе, как НЛО. Вообще, если южный полюс магнита движется в одну сторону, то северный движется в противоположную, — магнит разворачивается и в целом никуда не движется.

Одно из возможных решений этой проблемы — использование «монополей», т. е. магнитов всего с одним полюсом, северным или южным. В нормальных условиях, если вы разломите магнит пополам, вы не получите двух монополей. Вместо этого каждая половинка станет самостоятельным магнитом, с собственными двумя полюсами, т. е. станет еще одним диполем. Сколько бы вы ни дробили магнит, вы всегда обнаружите у каждого обломка два полюса. (Этот процесс можно продолжать до атомного уровня; каждый атом тоже представляет собой диполь.)

Ученым еще никогда не удавалось увидеть монополь в лаборатории. Физики пытались обнаружить и сфотографировать след монополя на своей аппаратуре, но это тоже не получилось (за исключением единственного очень спорного изображения, полученного в Стэнфордском университете в 1982 г.).

Хотя пока монополей достоверно увидеть не удалось, физики в большинстве своем уверены, что когда-то — а именно в момент Большого взрыва — во вселенной их было пруд пруди. Эта идея вошла в последние космологические теории Большого взрыва. Но после Большого взрыва вселенная резко расширилась, и плотность монополей в ней соответственно уменьшилась, поэтому нам так трудно сегодня увидеть их в лаборатории. (На самом деле отсутствие монополей вокруг — это ключевой факт, который заставил физиков выдвинуть идею инфляционной стадии в развитии вселенной. Поэтому на сегодняшний день в физике прочно укоренилась концепция реликтовых монополей.)

Таким образом, можно представить космическую расу, способную собирать эти «первичные монополи», оставшиеся после

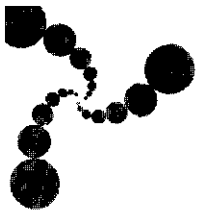
Большого взрыва, при помощи большой магнитной «сети», раскинутой в открытом космосе. Набрав достаточно монополей, такая раса сможет свободно летать по космосу, пользуясь только существующими во вселенной магнитными полями. Учитывая, что монополи в данный момент весьма интересуют многих космологов, существование таких кораблей, безусловно, не входит в противоречие с современными физическими представлениями.

Наконец, можно быть уверенным в том, что любая цивилизация, способная рассылать по вселенной звездолеты, давно овладела нанотехнологиями. Это означает, что корабли такой расы не обязательно будут очень уж большими; зато их можно рассылать миллионами на поиски и изучение населенных планет. Лучшими базами для нанокораблей стали бы, конечно, пустынные луны. Если это так, то и на нашей Луне когда-то побывали, возможно, представители цивилизации III типа, примерно как рассказано в сценарии фильма «2001», самого реалистичного, пожалуй, изображения встречи с инопланетной цивилизацией. Более чем вероятно, корабль этой цивилизации был бы автоматическим и опустился бы на Луну. (Возможно, пройдет еще лет сто, прежде чем мы сможем просканировать всю Луну в поисках аномалий излучения и обнаружить древние свидетельства визитов нанокораблей в нашу Солнечную систему.)

Если нашу Луну в прошлом действительно посещали представители иной цивилизации или, скажем, она является базой нанокораблей, то можно понять, почему НЛО не обязательно имеют большие размеры. Некоторые ученые отвергают саму возможность существования НЛО только потому, что они не соответствуют ни одному из гигантских реактивных двигателей, которые сегодня реально рассматривают наши инженеры, — это наверняка не прямоточные ядерные двигатели, не гигантские паруса, движимые «лазерным ветром», не импульсные термоядерные корабли, каждый из которых может достигать нескольких километров в поперечнике. НЛО вполне может быть размером с реактивный самолет. Но если на Луне суще-

ствует постоянная база, оставшаяся с прошлого визита, то им и необязательно быть большими; они могут без труда заправиться на базе. Тогда на Земле наблюдают, скорее всего, автоматические корабли-разведчики, стартовавшие с лунной базы.

Учитывая стремительное продвижение программы SETI и обнаружение все новых внесолнечных планет, контакт с внеземной жизнью — считая, разумеется, что таковая существует в нашей ближайшей окрестности, — может произойти уже в этом столетии, что заставляет отнести такой контакт к I классу невозможности. Если в космосе действительно существуют иные цивилизации, возникает следующий очевидный вопрос: сможем ли мы когда-нибудь добраться до них? И как насчет нашего собственного отдаленного будущего, когда Солнце начнет расширяться и готово будет поглотить Землю? Неужели наша судьба действительно там, среди звезд?



9. ЗВЕЗДОЛЕТЫ

Нелепая идея выстрелить в Луну — прекрасный пример того, до какого абсурда может довести ученых порочная специализация... совершенно очевидно, что это предложение в принципе нереализуемо.

А. Бикертон, 1926 г.

Лучшая часть человечества, по всей вероятности, никогда не погибнет, но будет переселяться от солнца к солнцу, по мере их погасания. Нет конца жизни, конца разуму и совершенствованию человека. Прогресс его вечен.

Константин Циолковский, отец ракетной техники

Однажды в далеком будущем наступит наш последний спокойный день на Земле. Когда-нибудь, через миллиарды лет, небо вспыхнет огнем. Солнце вспухнет пламенным шаром, бушующий ад заполнит небеса. Температура на Земле резко подскочит, океаны вскипят и испарятся, оставив после себя обугленную иссохшую пустыню. Горы постепенно расплавятся и потекут потоками лавы по тем местам, где когда-то стояли полные жизни города.

Законы природы говорят нам, что этот мрачный сценарий — наше неизбежное будущее. Когда-нибудь Земля погибнет в пламени и будет поглощена Солнцем. Это закон природы.

Катастрофа произойдет в течение ближайших 5 млрд лет. В этом космическом масштабе расцвет и падение человеческих цивилизаций кажется крохотной рябью на поверхности океана времени. Когда-нибудь мы должны будем покинуть Землю или умереть. И когда условия на Земле станут невыносимыми,

человечеству, нашим потомкам, придется что-то предпринимать. Что?

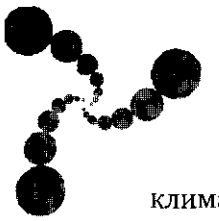
Математик и философ Бертран Расселл однажды посетовал, «что ни огонь, ни героизм, ни сила мысли или чувства не могут сохранить жизнь после могилы; что все труды веков, вся преданность, все вдохновение, вся полуденная яркость человеческого гения обречены на гибель в гигантском пожаре Солнечной системы; и весь храм достижений Человека с неизбежностью будет погребен под развалинами Вселенной...».

Для меня его слова — одно из самых отрезвляющих высказываний. Но Расселл писал в те времена, когда ракетные корабли считались невозможными. Сегодня перспектива когда-нибудь покинуть Землю уже не кажется столь фантастической. Карл Саган как-то заметил, что нам следовало бы стать «двупланетным видом». Жизнь на Земле столь драгоценна, сказал он, что ее следовало бы распространить по крайней мере еще на одну планету — на случай катастрофы. Земля движется в «космическом тире», полном астероидов, комет и других обломков, дрейфующих недалеко от ее орбиты. Столкновение с любым из них может привести к гибели человечества.

Грядущие катастрофы

Поэт Роберт Фрост задавался вопросом: каким образом погибнет Земля, в пламени или во льду? Мы, зная законы природы, можем уверенно предположить, каким будет конец мира в случае естественной катастрофы.

Если говорить о тысячелетиях, то одной из опасностей, угрожающих нашей цивилизации, является наступление нового ледникового периода. Последний такой период закончился 10 000 лет назад. Еще через 10–20 тыс. лет, когда наступит следующий, бóльшая часть Северной Америки может оказаться под километровым слоем льда. Расцвет человеческой цивилизации приходится на нынешнее недолгое межледниковье, когда



климат на Земле стоит необычайно теплый, но такая ситуация не может продолжаться вечно.

Если говорить о миллионах лет, то катастрофический эффект может принести столкновение с Землей какого-нибудь крупного метеорита или кометы. Последнее подобное столкновение имело место 65 млн лет назад, когда на полуостров Юкатан в Мексике обрушился объект примерно 10 км в поперечнике. На месте падения возник кратер диаметром около 300 км. Результатом его стало вымирание динозавров — доминировавшей в то время на Земле формы жизни. В этом масштабе времени еще одно космическое столкновение представляется вполне вероятным.

Через несколько миллиардов лет Солнце, постепенно расширяясь, поглотит Землю. Более того, по нашим оценкам, за ближайший миллиард лет Солнце разогреется примерно на 10% и сожжет Землю. Через 5 млрд лет Солнце превратится в красный гигант и в процессе этой эволюции полностью поглотит нашу планету. Земля окажется внутри атмосферы звезды.

Через 10 млрд лет погибнут и Солнце, и галактика Млечный Путь. Наше Солнце, исчерпав наконец запасы водородно-гелиевого топлива, сожмется и превратится в крохотный белый карлик; постепенно звезда остынет, и со временем от нее в космической пустоте останется только черный ком ядерного шлака. Галактика Млечный Путь столкнется с соседней, гораздо более крупной, галактикой — Туманностью Андромеды. Спиральные рукава Млечного Пути будут оторваны, и наше Солнце, вполне возможно, будет вышвырнуто в пустоту космоса. Черные дыры в центрах обеих галактик, сплясав танец смерти, в конце концов столкнутся и сольются воедино.

Итак, установлено, что человечество должно когда-нибудь покинуть Солнечную систему и переселиться к соседним звездам или погибнуть. Остается вопрос: как туда попасть? До ближайшей к нам звезды, Альфы Центавра, больше 4 св. лет. Традиционные ракеты с химическими реактивными двигателями,

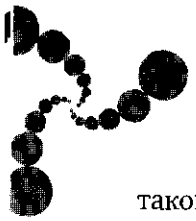
рабочие лошадки нынешней космической программы, с трудом развивают скорость до 18 км/с. С этой скоростью лететь до ближайшей звезды пришлось бы 70 000 лет.

Анализируя космическую программу, нельзя не отметить, что между нашими сегодняшними возможностями и характеристиками настоящего звездолета, который позволил бы нам начать исследование Вселенной, существует громадная пропасть. После того как в начале 1970-х гг. закончилось исследование Луны, наша пилотируемая программа предусматривала работу астронавтов на орбитах не выше 500–600 км на шаттлах и Международной космической станции. Однако в 2010 г. NASA планирует прекратить полеты шаттлов и создать вместо них космический корабль «Орион»; этот же корабль должен будет к 2020 г. снова — после полувекового перерыва — доставить астронавтов на Луну. Планируется организовать на Луне постоянную обитаемую базу. После этого, возможно, будет отправлена пилотируемая экспедиция к Марсу.

Очевидно, если мы хотим когда-нибудь добраться до звезд, нам потребуются ракеты совершенно иного типа. Необходимо радикально увеличить либо тягу наших двигателей, либо время их работы. К примеру, крупная ракета с химическими двигателями может обладать тягой в несколько тысяч тонн, но работать она будет всего несколько минут. И наоборот, ракета с двигателем другого типа, например ионным (он будет описан чуть ниже), хотя и обладает небольшой тягой, зато работать в открытом космосе способна годами. Там, где речь идет о ракетах, черепаха всегда обгонит зайца.

Ионные и плазменные двигатели

В отличие от химических реактивных двигателей, ионные не производят внезапного и очень эффектного выброса раскаленных газов, которые, собственно, и толкают традиционные ракеты. Их тяга обычно измеряется не в тоннах, а в граммах. Если



такой двигатель на Земле положить на стол, у него не хватит сил сдвинуться с места. Но все, что эти двигатели недобирают в тяге, они более чем компенсируют продолжительностью работы; в вакууме открытого космоса они способны работать годами[1].

Типичный ионный двигатель напоминает внутренность телевизионной трубки — кинескопа. Электрический ток разогревает нить, которая, в свою очередь, создает поток ионизированных атомов, например, ксенона, которые затем выбрасываются через сопло. Вместо струи раскаленного, взрывного газа ионный двигатель выбрасывает слабый, но постоянный поток ионов.

В 1998 г. NASA провело успешный запуск зонда «Дип Спейс-1» с ионным двигателем NSTAR на борту; этот двигатель проработал в общей сложности 678 суток, установив тем самым новый рекорд. Европейское космическое агентство также провело испытания ионного двигателя на борту лунного аппарата SMART-1. На японском космическом зонде «Хаябуса», который сблизился с астероидом, произвел посадку на него и забор грунта, работали четыре ксеноновых ионных двигателя. Вообще, ионный двигатель по характеристикам выглядит не блестяще, но способен обслуживать дальние (и не слишком спешные) экспедиции к другим планетам. Возможно, когда-нибудь ионный двигатель станет непритязательной рабочей лошадкой межпланетного транспорта.

Плазменный двигатель представляет собой более мощную версию ионного. В качестве примера такого двигателя можно назвать VASIMR (variable specific impulse magnetoplasma rocket — магнитоплазменная ракета с переменным удельным импульсом); для разгона в космосе в нем используется мощный поток плазмы. Этот двигатель разработан астронавтом и инженером Франклином Чанг-Диасом. Водород в нем разогревается

[1] Еще одним достоинством ионного двигателя по сравнению с химическим, о котором автор будет говорить ниже, является очень высокое приращение импульса ракеты на единицу массы израсходованного рабочего тела. — *Прим. пер.*

до температуры в несколько миллионов градусов при помощи радиоволн и магнитных полей. Очень горячая плазма выбрасывается затем через сопло ракеты, развивая при этом значительную тягу. На Земле прототипы таких двигателей уже созданы и испытаны, но в космос ни один из них еще не летал. Некоторые инженеры надеются, что плазменный двигатель можно будет использовать при создании корабля для экспедиции на Марс; это позволило бы существенно, до нескольких месяцев, сократить время в пути. Некоторые разработки предлагают использовать для разогрева плазмы в двигателе солнечную энергию. Другие предполагают использовать энергию ядерного распада (при этом, естественно, возникают дополнительные проблемы безопасности — ведь придется отправлять в космос большое количество ядерных материалов, а космические аппараты подвержены всяческим случайностям).

Но ни у ионного, ни у плазменного двигателя не хватит сил, чтобы доставить нас к звездам. Для этого потребуются реактивные двигатели, основанные на совершенно иных принципах. Одна из серьезных проблем при разработке звездолета — это чудовищное количество топлива, необходимое для путешествия даже к ближайшей звезде, и большой промежуток времени, который потребуется на это путешествие.

Солнечные паруса

Солнечный парус — идея, которая могла бы решить многие проблемы. В основе ее лежит тот факт, что солнечный свет оказывает очень небольшое, но постоянное давление, достаточное для того, чтобы нести сквозь пространство громадный парус. Идея солнечного паруса не нова, она принадлежит великому астроному Иоганну Кеплеру и изложена впервые в его трактате «Сон» 1611 г.

Идея базируется на достаточно простых законах, но разработка реального солнечного паруса, который можно было

бы запустить в космос, шла медленно и как будто рывками. В 2004 г. японская ракета успешно доставила в космос два небольших экспериментальных солнечных паруса. В 2005 г. Планетарное общество, компания «Космос Студиос» и Российская академия наук запустили с подводной лодки в Баренцевом море космический парус «Космос-1»; к несчастью, ракета «Волна», на которой он находился, дала сбой и аппарат не вышел на орбиту. (Предыдущая попытка запустить суборбитальный парус в 2001 г. также потерпела неудачу.) В феврале 2006 г. японская ракета M-V успешно вывела на орбиту пятнадцатиметровый парус, но раскрылся он не полностью[2].

Исследования и эксперименты в области создания солнечного паруса продвигаются ужасно медленно, но его сторонники уже предложили новую идею, которая могла бы приблизить человека к звездам. Предлагается построить на Луне громадную батарею лазеров, которые пускали бы мощные лучи в солнечный парус; это позволило бы ему долететь до ближайшей звезды. Параметры межзвездного солнечного паруса просто пугают. Сам парус должен составлять несколько сотен километров в поперечнике, а сооружать его нужно непременно и полностью в открытом космосе. На Луне пришлось бы построить тысячи мощных лазеров, способных работать годами и даже десятилетиями. (По одной из оценок, каждый из таких лазеров должен в тысячу раз превосходить по мощности излучения всю сегодняшнюю планету Земля.)

Теоретически гигантский солнечный парус может развить скорость до половины скорости света. Кораблю с таким парусом на дорогу до ближайших звезд потребовалось бы всего около восьми лет. Движитель на этом принципе хорош еще и тем, что все его принципы уже известны. Для его создания не требуется открывать новых физических законов. Зато в полный рост встают

[2] Еще один солнечный парус, совсем небольшой, был запущен в августе 2008 г. на частной американской ракете «Фалкон-1». Увы, и этот пуск закончился аварией! — *Прим. пер.*

другие проблемы — и экономические, и технические. Сооружение паруса поперечником в несколько сотен километров, а также строительство на Луне тысяч мощных лазеров представляют собой очень серьезную инженерную проблему — и необходимые для реализации проекта технологии появятся, возможно, еще не скоро. (Главная проблема межзвездного солнечного паруса — возвращение назад. Чтобы привести корабль обратно к Земле, придется строить на луне у звезды-цели вторую батарею лазеров. Или совершить около этой звезды стремительный гравитационный маневр, который поможет набрать скорость для обратного пути. Тогда лазеры на Луне можно будет использовать для торможения паруса, чтобы корабль мог спокойно сесть на Землю.)

Прямоточный термоядерный двигатель

Лично мне самым перспективным движителем для путешествия к звездам представляется прямоточный термоядерный двигатель. Во Вселенной больше чем достаточно водорода, так что корабль с таким двигателем мог бы собирать водород — т. е. топливо — по пути, в процессе движения в открытом космосе. По существу, у такого двигателя был бы неистощимый и всегда доступный источник топлива. Собранный водород затем нагревался бы до нескольких миллионов градусов — достаточно для термоядерного синтеза — и высвобождал энергию.

Принцип прямоточного ядерного двигателя предложил в 1960 г. физик Роберт Буссард; позже его популяризацией занимался и Карл Саган. Буссард рассчитал, что прямоточный термоядерный двигатель весом около 1000 т мог бы теоретически поддерживать постоянное ускорение, равное 1 g, т.е. сравнимое с действием земной силы тяжести. Представим, что такое ускорение поддерживается в течение года. За это время корабль разгонится до 77% скорости света; этого уже вполне достаточно, чтобы всерьез рассматривать перспективы межзвездных путешествий.

испытали в вертикальном, а не в горизонтальном положении. В 1968 г. он был запущен на стенде соплом кверху.

Результаты этих исследований оказались весьма спорными. Ракеты получались чрезвычайно сложными, и испытания часто заканчивались неудачей. В ядерном двигателе возникали очень сильные вибрации, оболочки тепловыделяющих сборок лопались, и ракета разваливалась. Другой постоянной проблемой была коррозия из-за горения водорода при высокой температуре. В конце концов в 1972 г. ядерная ракетная программа была закрыта.

(У этих атомных ракет была и еще одна проблема: опасность начала самопроизвольной ядерной реакции, что было бы эквивалентно взрыву небольшой атомной бомбы. На атомных электростанциях сегодня ядерное топливо присутствует в небольшой концентрации, и они не могут взорваться подобно хиросимской бомбе. А вот ядерные ракетные двигатели для получения максимальной тяги работали на высокообогащенном уране, и потому в них могла в принципе возникнуть цепная реакция и, соответственно, атомный взрыв. Перед самым закрытием программы ученые решили провести еще одно, последнее испытание — попытаться взорвать ракету как атомную бомбу. Они удалили из реактора все управляющие стержни, которые помогают удерживать реакцию под контролем. Реактор послушно перешел в сверхкритичное состояние и взорвался яростным огненным шаром. Этот впечатляющий конец программы по разработке ядерных ракетных двигателей даже засняли на пленку. Русские были недовольны. Они сочли эту выходку нарушением Договора о частичном запрещении ядерных испытаний, согласно которому все взрывы атомных бомб, за исключением подземных, находились под запретом.)

Время от времени военные возвращаются к идее ядерной ракеты. Один из секретных проектов такого рода назывался «Тимбервинд» и был в 1980-х гг. частью военной программы «звездных войн». (От него отказались после того, как Федера-

ция американских ученых опубликовала информацию о его существовании.)

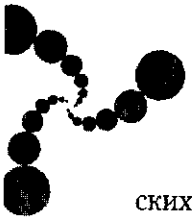
Главная проблема ядерных ракетных двигателей — безопасность. Даже теперь, через полвека после начала космической эры, запуски ракет на химическом топливе иногда (примерно в 1% случаев) заканчиваются катастрофически. (Гибель космических челноков «Челленджер» и «Колумбия», на которых нашли свою смерть 14 астронавтов, также подтверждает эту статистку аварий.)

Тем не менее несколько лет назад NASA возобновило исследования по ядерной ракете — впервые после программы NERVA 1960-х. В 2003 г. NASA окрестило свой новый проект «Прометеем» в честь греческого бога, давшего человечеству огонь. В 2005 г. на программу «Прометей» было выделено 430 млн долл., но уже в 2006 г. финансирование было урезано до 100 млн долл. В настоящий момент будущее этого проекта неясно[3].

Импульсный ядерный двигатель

Еще одна теоретическая возможность — использовать в качестве движителя серию ядерных мини-бомб. К примеру, проект «Орион» предусматривал последовательное выбрасывание небольших термоядерных бомб позади корабля, чтобы он мог «оседлать» ударную волну от их взрывов. Теоретически такая система может разогнать космический корабль до скорости, близкой к скорости света. Идею такого корабля впервые высказал в 1947 г. Станислав Улам, который участвовал и в разработке первых водородных бомб; позже ее развили Тед Тейлор, один из главных разработчиков ядерных боеголовок для американ-

[3] В сущности, «Прометей» создавался под единственный космический проект тяжелой АМС к спутникам Юпитера, к настоящему времени уже отмененный. Фактически в 2005 финансовом году проект «Прометей» получил только 270,3 млн, в 2006-м — 56,5 млн, а в 2007-м — 5,5 млн долл., после чего прекратил существование как самостоятельная разработка. — *Прим. пер.*



ских военных, и физик Фримен Дайсон из Института перспективных исследований в Принстоне.

В конце 1950-х и в 1960-х гг. были проведены тщательные расчеты для межзвездного корабля, основанного на этом принципе. Согласно полученным оценкам, он мог бы за год слетать до Плутона и обратно, достигнув при этом скорости в 10% скорости света[4]. Но даже на такой скорости до ближайшей звезды пришлось бы лететь 44 года. Ученые рассматривали варианты, когда космический ковчег с таким движителем летел бы в космосе несколько столетий; в экипаже сменялись бы поколения, и многим пришлось бы прожить всю жизнь в этом движущемся мирке, чтобы их потомки могли добраться до близлежащих звезд.

В 1959 г. компания General Atomics выпустила доклад, в котором провела оценку размеров корабля типа «Орион». Самый крупный вариант, названный в докладе «супер-Орионом», должен был весить 8 млн т, иметь диаметр 400 м и двигаться на ударной волне от более чем тысячи водородных бомб.

Главная проблема, связанная с этим проектом, — возможность заражения района старта ядерными осадками. По оценке Дайсона, ядерные осадки от каждого запуска могут вызвать смертельную форму рака у десяти человек. Кроме того, электромагнитный импульс от взрыва так велик, что непременно вызвал бы массу коротких замыканий в расположенных неподалеку электрических системах.

Подписание в 1963 г. Договора о частичном запрещении ядерных испытаний стало похоронным звоном по этому проекту. Со временем сдался даже главный его сторонник, разработчик ядерных бомб Тед Тейлор. (Он однажды признался мне, что окончательно разочаровался в проекте, когда понял, что техническими наработками подобного проекта могут воспользоваться террористы для создания портативных атомных бомб.

[4] Крайне сомнительно, так как на такой скорости до Плутона всего двое суток лёту, а при равномерном разгоне и торможении — четверо. — *Прим. пер.*

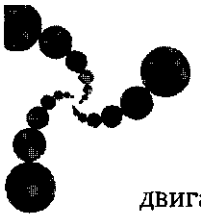
Проект был закрыт как слишком опасный, но его имя продолжает жить в названии космического корабля «Орион», которым NASA планирует в 2015 г. заменить космические челноки.)

В 1973–1978 гг. концепция звездолета с ядерным движителем ненадолго возродилась в проекте «Дедал» Британского межпланетного общества. Проект представлял собой предварительное исследование возможности постройки беспилотного корабля, способного достичь звезды Барнарда — ее отделяет от Земли расстояние в 5,9 св. года. (Звезда Барнарда была выбрана в качестве цели потому, что предполагалось наличие возле нее планеты. С тех пор астрономы Джил Тартер и Маргарет Тёрнбулл составили список из 17 129 не слишком далеких звезд, возле которых могут оказаться пригодные для жизни планеты. Самый многообещающий кандидат — эпсилон Индейца А — находится от нас на расстоянии 11,8 св. года.)

Ракетный корабль по проекту «Дедал» оказался таким громадным, что строить его пришлось бы в открытом космосе. Она должна была весить 54 000 т (почти весь вес — ракетное топливо) и могла разогнаться до 7,1% скорости света, неся на себе полезную нагрузку весом 450 т. В отличие от проекта «Орион», рассчитанного на использование крохотных атомных бомб, проект «Дедал» предусматривал использование миниатюрных водородных бомб со смесью дейтерия и гелия-3 и системой зажигания при помощи электронных лучей. Но огромные технические проблемы и опасения, связанные с ядерным движителем, привели к тому, что проект «Дедал» также был отложен на неопределенное время.

Удельный импульс и эффективность двигателя

Если нужно сравнить эффективность различных типов двигателей, инженеры обычно говорят об удельном импульсе. Удельный импульс определяется как изменение импульса на единицу массы израсходованного топлива. Таким образом, чем эффективнее



двигатель, тем меньше топлива требуется для вывода ракеты в космос. Импульс, в свою очередь, есть результат действия силы в течение определенного времени. Химические ракеты, хотя и обладают очень большой тягой, работают всего несколько минут, а потому характеризуются очень низким удельным импульсом. Ионные двигатели, способные работать годами, могут иметь высокий удельный импульс при очень низкой тяге.

Удельный импульс измеряется в секундах. Средняя ракета с химическим двигателем может иметь удельный импульс до 400–500 с. Так, удельный импульс двигателя шаттла составляет 453 с. (Самый высокий полученный до сих пор удельный импульс для химического реактивного двигателя составил 542 с; в качестве топлива этот двигатель использовал экзотическую смесь водорода, лития и фтора.) Ионный движок аппарата SMART-1 имел удельный импульс 1640 с. У ядерных ракетных двигателей этот параметр достигает 850 с.

Максимально возможным удельным импульсом обладала бы ракета, способная достигать скорости света. Ее удельный импульс составил бы около 30 млн. Ниже приводится таблица удельных импульсов, характерных для различных типов реактивных двигателей.

Тип двигателя	**Удельный импульс**
Твердотопливный	250
Жидкостный	450
Ионный	3000
Плазменный VASIMR	1000–30 000
Атомный	800–1000
Термоядерный прямоточный	2500–200 000
Ядерный импульсный	10 000–1 000 000
На антиматерии	1 000 000–10 000 000

(В принципе, лазерный парус и прямоточный двигатель вообще не несут с собой запаса топлива, а потому удельный им-

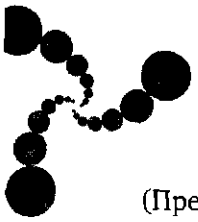
пульс не является для них существенной характеристикой; тем не менее у этих конструкций есть свои проблемы.)

Космический лифт

Одно из серьезных препятствий к реализации многих звездных проектов состоит в том, что из-за громадных размеров и веса корабли невозможно построить на Земле. Некоторые ученые предлагают собирать их в открытом космосе, где благодаря невесомости астронавты смогут легко поднимать и ворочать невероятно тяжелые предметы. Но сегодня критики справедливо указывают на запредельную стоимость космической сборки. К примеру, для полной сборки Международной космической станции потребуется около 50 запусков шаттла, а ее стоимость с учетом этих полетов приближается к 100 *млрд долл*. Это самый дорогой научный проект в истории, но строительство в открытом космосе межзвездного космического парусника или корабля с прямоточной воронкой обошлось бы во много раз дороже.

Но, как любил говорить писатель-фантаст Роберт Хайнлайн, если вы можете подняться над Землей на 160 км, вы уже на полпути к любой точке Солнечной системы. Это потому, что при любом запуске первые 160 км, когда ракета стремится вырваться из пут земного притяжения, «съедают» львиную долю стоимости. После этого корабль, можно сказать, уже в состоянии добраться хоть до Плутона, хоть дальше.

Один из способов кардинально сократить в будущем стоимость полетов — построить космический лифт. Идея забраться на небо по веревке не нова — взять хотя бы сказку «Джек и бобовое зернышко»; сказка сказкой, но если вывести конец веревки в космос, идея вполне могла бы воплотиться в реальность. В этом случае центробежной силы вращения Земли оказалось бы достаточно, чтобы нейтрализовать силу тяжести, и веревка никогда не упала бы на землю. Она волшебным образом поднималась бы вертикально вверх и исчезала в облаках.



(Представьте себе шарик, который вы крутите на веревочке. Кажется, что на шарик не действует сила тяжести; дело в том, что центробежная сила толкает его прочь от центра вращения. Точно так же очень длинная веревка может висеть в воздухе благодаря вращению Земли.) Держать веревку не потребуется, вращения Земли будет достаточно. Теоретически человек мог бы залезть по такой веревке и подняться прямо в космос. Иногда мы просим студентов-физиков рассчитать натяжение такой веревки. Несложно показать, что такого натяжения не выдержит даже стальной трос; именно поэтому долгое время считалось, что космический лифт реализовать невозможно.

Первым из ученых, кто всерьез заинтересовался проблемой космического лифта, стал русский ученый-провидец Константин Циолковский. В 1895 г. под впечатлением от Эйфелевой башни он вообразил башню, которая бы поднималась прямо в космическое пространство и соединяла Землю с парящим в космосе «звездным замком». Строить ее предполагалось снизу вверх, начиная с Земли, откуда инженеры должны были бы медленно возводить к небесам космический лифт.

В 1957 г. русский ученый Юрий Арцутанов предложил новое решение: строить космический лифт обратным порядком, сверху вниз, начиная из космоса. Автор представил себе спутник на геостационарной орбите на расстоянии 36 000 км от Земли — с Земли он при этом будет казаться неподвижным; с этого спутника предлагалось опустить на Землю трос, а затем закрепить его в нижней точке. Проблема в том, что трос для космического лифта должен был бы выдерживать натяжение примерно в 60–100 ГПа. Сталь рвется при натяжении примерно в 2 ГПа, что лишает идею всякого смысла.

Более широкая аудитория смогла познакомиться с идеей космического лифта позже; в 1979 г. вышел роман Артура Кларка «Фонтаны рая», а в 1982 г. — роман Роберта Хайнлайна «Пятница». Но поскольку прогресс в этом направлении застопорился, о ней забыли.

Ситуация резко изменилась, когда химики изобрели углеродные нанотрубки. Интерес к ним резко возрос после публикации в 1991 г. работы Сумио Иидзимы из компании Nippon Electric. (Надо сказать, что о существовании углеродных нанотрубок было известно еще с 1950-х гг., но долгое время на них не обращали внимания.) Нанотрубки гораздо прочнее, но при этом гораздо легче стальных тросов. Строго говоря, по прочности они даже превосходят уровень, необходимый для космического лифта. По мнению ученых, волокно из углеродных нанотрубок должно выдерживать давление 120 ГПа, что заметно выше необходимого минимума. После этого открытия попытки создания космического лифта возобновились с новой силой.

В 1999 г. было опубликовано серьезное исследование NASA; в нем рассматривался космический лифт в виде ленты шириной примерно один метр и длиной около 47 000 км, способный доставить на орбиту вокруг Земли полезный груз весом около 15 т. Реализация подобного проекта мгновенно и полностью изменила бы экономическую сторону космических путешествий. Стоимость доставки грузов на орбиту разом уменьшилась бы в 10 000 раз; такую перемену иначе как революционной не назовешь.

В настоящее время доставка одного фунта груза на околоземную орбиту стоит не меньше 10 000 долл. Так, каждый полет шаттла обходится примерно в 700 млн долл. Космический лифт сбил бы стоимость доставки до 1 долл. за фунт. Такое радикальное удешевление космической программы могло бы полностью изменить наши взгляды на космические путешествия. Простым нажатием кнопки можно было бы запустить лифт и подняться в открытый космос за сумму, соответствующую по стоимости, скажем, билету на самолет.

Но, прежде чем строить космический лифт, на котором можно будет без труда подняться в небеса, нам предстоит преодолеть очень серьезные препятствия. В настоящее время самое длинное волокно из углеродных нанотрубок, полученное в ла-

боратории, по длине не превосходит 15 мм. Для космического лифта потребуются тросы из нанотрубок длиной в тысячи километров. Конечно, с научной точки зрения это чисто техническая проблема, но решить ее необходимо, а она может оказаться упрямой и сложной. Тем не менее многие ученые убеждены, что на овладение технологией производства длинных тросов из углеродных нанотрубок нам хватит нескольких десятилетий.

Вторая проблема заключается в том, что из-за микроскопических нарушений структуры углеродных нанотрубок получение длинных тросов может оказаться вообще проблематичным. По оценке Никола Пуньо из Туринского политехнического института, если хотя бы один атом в углеродной нанотрубке окажется не на своем месте, прочность трубки может сразу уменьшиться на 30%. В целом дефекты на атомном уровне могут лишить трос из нанотрубок 70% прочности; при этом допустимая нагрузка окажется ниже того минимума гигапаскалей, без которых невозможно построить космический лифт.

Стремясь подстегнуть интерес частных предпринимателей к разработке космического лифта, NASA объявило два отдельных конкурса. (За образец был взят конкурс Ansari X-Prize с призом в 10 млн долл. Конкурс успешно подогрел интерес предприимчивых инвесторов к созданию коммерческих ракет, способных поднимать пассажиров к самой границе космического пространства; объявленную премию получил в 2004 г. корабль SpaceShipOne.) Конкурсы NASA носят названия Beam Power Challenge и Tether Challenge.

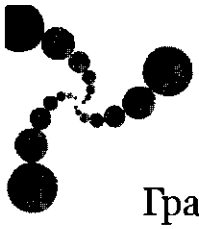
Чтобы выиграть первый из них, команда исследователей должна создать механическое устройство, способное поднять груз весом не менее 25 кг (включая собственный вес) вверх по тросу (подвешенному, скажем, на стреле подъемного крана) со скоростью 1 м/с на высоту 50 м. Возможно, задача кажется несложной, но проблема в том, что это устройство не должно использовать топливо, аккумуляторы или электрический кабель. Вместо этого робот-подъемник должен получать питание

от солнечных батарей, солнечных рефлекторов, лазеров или микроволнового излучения, т. е. из тех источников энергии, которыми удобно пользоваться в космосе.

Чтобы победить в конкурсе Tether Challenge, команда должна представить двухметровые куски троса весом не более двух граммов каждый; при этом такой трос должен выдерживать нагрузку на 50% большую, чем лучший образец предыдущего года. Цель этого конкурса — стимулировать исследования по разработке сверхлегких материалов, достаточно прочных, чтобы их можно было протянуть на 100 000 км в космос. Победителей ждут премии размером 150 000, 40 000 и 10 000 долл. (Чтобы подчеркнуть сложность задачи, в 2005 г. — первом году конкурса — премия не была присуждена никому.)

Безусловно, работающий космический лифт способен резко изменить космическую программу, но и у него есть свои недостатки. Так, траектория движения спутников по околоземной орбите постоянно сдвигается относительно Земли (потому что Земля под ними вращается). Это означает, что со временем любой из спутников может столкнуться с космическим лифтом на скорости 8 км/с; этого будет более чем достаточно, чтобы порвать трос. Для предотвращения подобной катастрофы в будущем придется либо предусматривать на каждом спутнике небольшие ракеты, которые дали бы ему возможность обойти лифт, либо снабдить сам трос небольшими ракетами, чтобы он мог уходить с траектории спутников.

Кроме того, проблемой могут стать столкновения с микрометеоритами — ведь космический лифт поднимется далеко за пределы земной атмосферы, которая в большинстве случаев защищает нас от метеоров. Поскольку предсказать подобные столкновения невозможно, космический лифт придется снабдить дополнительной защитой и, возможно, даже отказоустойчивыми резервными системами. Проблему могут представлять собой и такие атмосферные явления, как ураганы, приливные волны и штормы.



Гравитационный маневр

Существует еще один способ разогнать объект до скорости, близкой к скорости света, — воспользоваться «эффектом пращи». При отправке космических зондов к другим планетам NASA иногда заставляет их совершить маневр вокруг соседней планеты, чтобы, воспользовавшись «эффектом пращи», дополнительно разогнать аппарат. Так NASA экономит ценное ракетное топливо. Именно таким образом аппарату «Вояджер-2» удалось долететь до Нептуна, орбита которого лежит у самого края Солнечной системы.

Фримен Дайсон, физик из Принстона, выдвинул интересное предложение. Если когда-нибудь в далеком будущем человечеству удастся обнаружить в космосе две нейтронные звезды, обращающиеся вокруг общего центра с большой скоростью, то земной корабль, пролетев совсем рядом с одной из этих звезд, может за счет гравитационного маневра набрать скорость, равную чуть ли не трети скорости света. В результате корабль разогнался бы до околосветовых скоростей за счет гравитации. Теоретически такое может получиться.

Другие ученые предлагают воспользоваться для этой цели нашим собственным светилом. Этим методом воспользовался, к примеру, экипаж звездолета «Энтерпрайз» в фильме «Звездный путь IV: Путешествие домой». Угнав корабль клингонов, экипаж «Энтерпрайза» направил его по близкой к Солнцу траектории, чтобы пробить световой барьер и вернуться назад во времени. В фильме «Когда сталкиваются миры» Земле угрожает столкновение с астероидом. Чтобы бежать с обреченной планеты, ученые сооружают гигантскую конструкцию вроде американских горок. Съезжая с горки, ракетный корабль набирает огромную скорость, затем разворот внизу на малом радиусе — и вперед, в космос.

Только на самом деле ни один из этих способов разогнаться при помощи гравитации не сработает. (Закон сохранения энер-

гии говорит о том, что тележка на американских горках, разгоняясь на спуске и замедляясь на подъеме, оказывается наверху ровно с той же скоростью, что и в самом начале — никакого приращения энергии не происходит. Точно так же, обернувшись вокруг неподвижного Солнца, мы закончим ровно с той же скоростью, с какой начали маневр.) Метод Дайсона с двумя нейтронными звездами в принципе мог бы сработать, но только потому, что нейтронные звезды быстро движутся. Космический аппарат, использующий гравитационный маневр, получает приращение энергии за счет движения планеты или звезды. Если они неподвижны, подобный маневр ничего не даст.

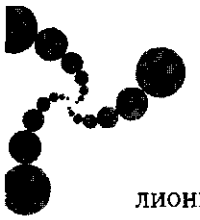
А предложение Дайсона, хотя и может сработать, ничем не поможет сегодняшним земным ученым — ведь для того, чтобы наведаться к быстро вращающимся нейтронным звездам, потребуется для начала построить звездолет.

Из пушки в небеса

Еще один хитроумный способ вывести корабль в космос и разогнать до фантастических скоростей — выстрелить им из рельсовой электромагнитной «пушки», которую описывали в своих произведениях Артур Кларк и другие авторы-фантасты. В настоящее время этот проект всерьез рассматривается как возможная часть противоракетного щита программы «звездных войн».

Способ заключается в том, чтобы вместо ракетного топлива или пороха использовать для разгона ракеты до высоких скоростей энергию электромагнетизма.

В простейшем случае рельсовая пушка представляет собой два параллельных провода или рельса; реактивный снаряд, или ракета, «сидит» на обоих рельсах, образуя U-образную конфигурацию. Еще Майкл Фарадей знал, что на рамку с электрическим током в магнитном поле действует сила. (Вообще говоря, на этом принципе работают все электродвигатели.) Если пропустить через рельсы и снаряд электрический ток силой в мил-



лионы ампер, вокруг всей системы возникнет чрезвычайно мощное магнитное поле, которое, в свою очередь, погонит снаряд по рельсам, разгонит его до громадной скорости и вышвырнет в пространство с оконечности рельсовой системы.

Во время испытаний рельсовые электромагнитные пушки успешно выстреливали металлические объекты с громадными скоростями, разгоняя их на очень короткой дистанции. Что замечательно, в теории обычная рельсовая пушка способна выстреливать металлический снаряд со скоростью 8 км/с; этого достаточно, чтобы вывести его на околоземную орбиту. В принципе весь ракетный флот NASA можно было бы заменить рельсовыми пушками, которые прямо с поверхности Земли выстреливали бы полезный груз на орбиту.

Рельсовая пушка имеет существенные преимущества по отношению к химическим пушкам и ракетам. Когда вы стреляете из ружья, максимальная скорость, с которой расширяющиеся газы способны вытолкнуть пулю из ствола, ограничена скоростью распространения ударной волны. Жюль Верн в классическом романе «С Земли на Луну» выстрелил снаряд с астронавтами к Луне при помощи пороха, но на самом деле несложно подсчитать, что максимальная скорость, которую может придать снаряду пороховой заряд, во много раз меньше скорости, необходимой для полета к Луне. Рельсовая же пушка не использует взрывное расширение газов и потому никак не зависит от скорости распространения ударной волны.

Но у рельсовой пушки свои проблемы. Объекты на ней ускоряются так быстро, что они, как правило, сплющиваются из-за столкновения... с воздухом. Полезный груз оказывается сильно деформированным в процессе «выстрела» из дула рельсовой пушки, потому что когда снаряд врезается в воздух, это все равно как если бы он ударился о кирпичную стенку. Кроме того, при разгоне снаряд испытывает громадное ускорение, которое само по себе способно сильно деформировать груз. Рельсы необходимо регулярно заменять, так как снаряд при движе-

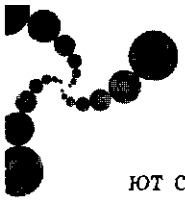
нии также деформирует их. Более того, перегрузки в рельсовой пушке смертельны для людей; человеческие кости просто не выдержат подобного ускорения и разрушатся.

Одно из решений состоит в том, чтобы установить рельсовую пушку на Луне. Там, за пределами земной атмосферы, снаряд сможет беспрепятственно разгоняться в вакууме открытого космоса. Но даже на Луне снаряд при разгоне будет испытывать громадные перегрузки, способные повредить и деформировать полезный груз. В определенном смысле рельсовая пушка — антипод лазерного паруса, который набирает скорость постепенно в течение долгого времени. Ограничения рельсовой пушки определяются именно тем, что она на небольшом расстоянии и за небольшое время передает телу громадную энергию.

Рельсовая пушка, способная выстрелить аппарат к ближайшим звездам, стала бы весьма дорогостоящим сооружением. Так, один из проектов предусматривает строительство в открытом космосе рельсовой пушки длиной в две трети расстояния от Земли до Солнца. Эта пушка должна будет накапливать солнечную энергию, а затем разом расходовать ее, разгоняя десятитонную полезную нагрузку до скорости, равной трети скорости света. При этом «снаряд» будет испытывать перегрузку в 5000 g. Разумеется, «пережить» такой пуск смогут только самые выносливые корабли-роботы.

Опасности космического путешествия

Конечно, космическое путешествие — не загородный пикник. В пилотируемых полетах к Марсу или еще дальше человека поджидают страшные опасности. Миллионы лет жизнь на Земле развивалась под надежной защитой: озоновый слой предохраняет планету от ультрафиолетовых лучей, магнитное поле защищает от солнечных вспышек и космической радиации, а толстая атмосфера прикрывает от метеоров, которые успева-



ют сгореть в ее толще. Умеренные температуры и колебания атмосферного давления кажутся нам естественными. Но в глубоком космосе нам придется лицом к лицу столкнуться с тем фактом, что бóльшая часть Вселенной находится в состоянии хаоса; придется столкнуться со смертельно опасными радиационными поясами и метеоритными роями.

Первая проблема продолжительного космического путешествия, которую необходимо решить, — это невесомость. Проведенные русскими долговременные исследования невесомости показали, что тело человека в космосе теряет необходимые для жизни минералы и химические вещества гораздо быстрее, чем ожидалось. Не спасает даже жесткая программа физических упражнений: после года на орбитальной станции кости и мышцы русских космонавтов так атрофируются, что после возвращения на Землю они оказываются в состоянии только ползать, как младенцы, и то с трудом[5]. Похоже, что непременными следствиями продолжительного пребывания в невесомости во время космического перелета являются атрофия мышц, изнашивание опорно-двигательной системы, снижение уровня производства красных кровяных телец, снижение иммунного ответа, ослабление сердечно-сосудистой деятельности.

Полет к Марсу, который может продлиться от нескольких месяцев до года, находится у самого предела выносливости наших астронавтов. В длительных полетах к ближайшим звездам эта проблема может оказаться фатальной. Возможно, ради сохранения жизни экипажа звездолетам будущего придется вращаться, создавая за счет центробежных сил искусственное тяготение. Такое требование сильно усложнит проектирование и поднимет стоимость звездолета.

---

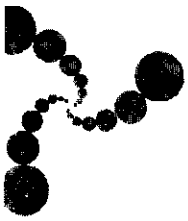
[5] Это *сильное преувеличение. Да, после* годового или даже полугодового полета человеку трудно сразу встать и пойти, да и не стоит этого делать, но уже через несколько дней навыки восстанавливаются как у русских, так и у американских космонавтов, тем более что они уже 13 лет летают вместе. — *Прим. пер.*

Вторая проблема заключается в том, что из-за присутствия в пространстве метеоритов, движущихся со скоростями в десятки километров в секунду, придется, возможно, оборудовать космические корабли дополнительной защитой. Тщательное обследование корпуса шаттлов выявило признаки попадания нескольких крошечных, но чреватых смертельной опасностью метеоритов. Очень может быть, что на космических кораблях будущего придется устраивать специальное помещение для экипажа и снабжать его двойной защитой.

Уровень радиации в глубоком космосе гораздо выше, чем предполагалось ранее. Так, за время 11-летнего цикла солнечные вспышки способны послать к Земле громадное количество смертельно опасной плазмы. Именно это явление не раз вынуждало астронавтов на космической станции искать дополнительной защиты против потенциально опасного налета субатомных частиц, а прогулка в открытом космосе в такой момент была бы смертельной. (Даже во время обычного трансатлантического перелета из Лос-Анджелеса в Нью-Йорк, к примеру, мы подвергаемся действию излучения интенсивностью примерно 1 мбэр/ч. За время перелета каждый пассажир получает почти такую же дозу радиации, как при рентгеновском снимке зуба.) В глубоком космосе, где нас уже не защищают ни атмосфера Земли, ни ее магнитное поле, радиация может превратиться в серьезную проблему.

Временное прекращение жизненных функций

Что бы мы ни говорили о полете к звездам, какие бы проекты ни разрабатывали, одно обстоятельство остается неизменным: даже если мы сумеем построить звездолет, на дорогу до ближайших звезд нам потребуются десятилетия, а то и столетия. Для подобного полета потребуется несколько поколений экипажа, и к месту назначения доберутся лишь потомки тех, кто отправился в путь.



Одно из решений этой проблемы, фигурирующее в таких фильмах, как «Чужой» и «Планета обезьян», — подвергнуть космических путешественников анабиозу; это означает осторожно и медленно снизить температуру тела до такого уровня, на котором почти прекращается отправление всех жизненных функций. Некоторые животные проделывают подобную операцию каждый год во время зимней спячки. Некоторые рыбы и лягушки спокойно вмерзают в лед, а потом, когда температура повышается, оттаивают и оживают.

Биологи, занимавшиеся изучением этого интересного явления, считают, что такие животные способны создавать в своем теле естественный «антифриз», который заметно снижает температуру замерзания воды. У рыб таким естественным антифризом служат определенные протеины, у лягушек — глюкоза. Обогатив кровь этими протеинами, рыба может жить зимой в Арктике при температуре –2 °C. Лягушки развили у себя способность поддерживать высокий уровень глюкозы, предотвращая таким образом формирование ледяных кристаллов. Снаружи их тела могут казаться промороженными насквозь, но на самом деле внутри они не промерзают; все органы сохраняют способность функционировать, хотя и в замедленном темпе.

Но с млекопитающими все далеко не так просто. При промерзании человеческого тела внутри клеток начинают формироваться кристаллы льда. По мере роста они протыкают и разрушают стенки клетки. (Возможно, знаменитостям, которые захотели сохранить свои головы и тела после смерти замороженными в жидком азоте, следовало бы еще раз задуматься.)

Тем не менее в последнее время наметился некоторый прогресс в работе с млекопитающими, которые в природе не впадают в спячку, — с такими животными, как мыши и собаки. В 2005 г. ученые из Университета Питсбурга сумели вернуть к жизни собак после того, как из них полностью выкачали кровь и заменили ее на специальную очень холодную жидкость. Проведя в состоянии клинической смерти три часа, собаки ожили,

как только им снова запустили сердца. (Хотя большинство собак после этой процедуры остались здоровыми, у некоторых мозг оказался поврежден.)

В этом же году ученые поместили мышей в камеру, заполненную сероводородом и успешно снизили на 6 часов температуру их тел до 13 °С. Скорость метаболизма мышей упала в десять раз. В 2006 г. доктора из Главного массачусетского госпиталя в Бостоне ввели мышей и свиней в состояние замедленной жизнедеятельности, или анабиоза, также при помощи сероводорода.

В будущем подобная процедура, вполне возможно, станет спасать жизнь пострадавшим в серьезных катастрофах или от сердечного приступа, т. е. в тех случаях, когда дорога каждая секунда. Не исключено, что анабиоз даст врачам возможность «останавливать время», а пациентам — дождаться необходимой помощи. Но пройдут десятилетия, прежде чем эту методику можно будет применить к астронавтам-людям, тем более что им, возможно, придется провести в состоянии анабиоза не одно столетие.

Нанокорабли

Существует еще несколько способов, пока не опробованных и известных лишь в теории, которые в принципе могут дать нам возможность добраться до звезд. Одно из многообещающих предложений — отправить к звездам беспилотные зонды, созданные с применением нанотехнологий. Все предыдущее обсуждение основывалось на предположении о том, что звездолеты непременно должны быть чудовищными машинами, потребляющими громадные количества энергии и способные нести к звездам большой экипаж; примерно так выглядит звездолет «Энтерпрайз» в сериале «Звездный путь».

Но гораздо более реальным представляется другой путь развития. Разумнее, вероятно, сначала отправить к далеким

звездам миниатюрные зонды со скоростями, близкими к скорости света. Как мы уже упоминали, в будущем, с развитием нанотехнологий, должна появиться возможность создавать крошечные космические корабли, в состав которых войдут машины атомного и молекулярного размеров. К примеру, ионы обладают чрезвычайно малой массой, поэтому их можно без труда разогнать до скорости, близкой к скорости света, для этого будет достаточно обычной сети электропитания, какую можно найти в любой лаборатории. Чтобы отправить в космос ионы на почти световой скорости, не нужно строить гигантские реактивные ракеты, достаточно разогнать их при помощи мощного электромагнитного поля. Это означает, что, если поместить ионизированный нанобот в электрическое поле, его можно без труда разогнать до околосветовой скорости. После этого нанобот уже самостоятельно отправится к звездам, ведь в космосе нет трения и тормозить его будет нечему. Таким способом решаются многие проблемы, неизбежные для крупных звездолетов. Не исключено, что отправить к ближайшим звездам беспилотные умные корабли-наноботы окажется многократно дешевле, чем строить и запускать громадный звездолет с экипажем людей.

Нанокорабли можно направить к ближайшим звездам или, как предложил Джеральд Нордли, отставной инженер ВВС в области астронавтики, использовать для создания давления на солнечный парус и дополнительного его разгона. Нордли говорит: «Если целое созвездие кораблей размером с булавочную головку будет лететь строем и поддерживать между собой связь, их можно будет разгонять буквально карманным фонариком».

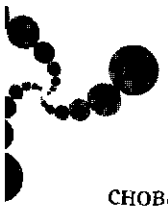
Но и у нанозвездолетов могут обнаружиться свои проблемы. Так, в открытом космосе они могут сбиться с курса от воздействия электрических и магнитных полей. Чтобы предотвратить это, их придется заранее, еще на Земле, заряжать до высокого потенциала; в этом случае их будет не так-то просто

сбить с пути. Во-вторых, нам, возможно, придется послать не один миллион кораблей-наноботов, чтобы хоть горстка их могла гарантированно долететь до цели. Может показаться, что отправлять на исследование ближайших звезд целые рои нанозвездолетов очень расточительно, но звездолеты эти должны быть дешевыми, а массовое автоматическое производство, вероятно, позволит выпускать их миллиардами; при этом до цели долетит лишь малая часть запущенных наноботов.

Можно ли сказать, как примерно будут выглядеть нанокорабли? Дэниел Голдин, бывший глава NASA, представлял себе флотилии космических кораблей размером с банку кока-колы. Другие говорили о кораблях размером с иголку. Пентагон изучает возможность создания «умной пыли» — мелких пылевидных устройств с крохотными датчиками, которые можно было бы распылять над полем боя, чтобы непрерывно снабжать командиров достоверной информацией. Не исключено, что в будущем такую «умную пыль» можно будет послать к ближайшим звездам.

Скорее всего, электрические схемы пылевидных наноботов будут изготовлены при помощи той же технологии травления, которая используется в производстве полупроводников; эта технология позволяет создавать электронные компоненты размером не больше 30 нм, или приблизительно 150 атомов в поперечнике. Наноботы можно запускать с Луны при помощи рельсовых пушек — или даже при помощи ускорителей частиц, которые без труда разгоняют элементарные частицы до околосветовых скоростей. Наноботы должны быть настолько дешевыми, что в космос их можно будет запускать миллионами.

Добравшись до ближайшей звездной системы, наноботы могли бы сесть на какую-нибудь пустынную луну. Гравитация на ней небольшая, и наноботы смогут без труда садиться и взлетать. На мертвой луне, как правило, ничего не происходит, а стабильная обстановка идеальна для создания оперативной базы. Обо-



сновавшись на спутнике, нанобот сможет построить из местных материалов нанофабрику и соорудить мощную радиостанцию, способную направить мощный луч и передать информацию на Землю. Нанофабрика может быть также рассчитана на производство миллионов копий самого нанобота для подробного исследования этой звездной системы и полета к ближайшим звездам. Таким образом, процесс повторится. Автоматическим звездолетам нет нужды возвращаться обратно; им достаточно передать на Землю собранную информацию.

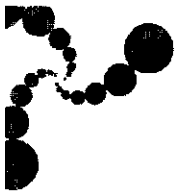
Только что описанный нанобот иногда еще называют зондом фон Неймана в честь прославленного математика Джона фон Неймана, который разработал математический аппарат самовоспроизводящейся машины Тьюринга. В принципе такие самовоспроизводящиеся космические корабли-наноботы способны исследовать всю Галактику, а не только близлежащие звезды. Со временем могла бы образоваться сфера из триллионов таких роботов, которые экспоненциально размножались бы по мере увеличения радиуса сферы; расширение сферы при этом шло бы с околосветовой скоростью. За несколько сотен тысяч лет наноботы внутри этой расширяющейся сферы колонизировали бы всю Галактику.

Очень серьезно к идее нанозвездолетов относится, к примеру, инженер-электрик Брайан Гилкрист из Университета Мичигана. Недавно он получил от Института перспективных концепций NASA грант размером 500 000 долл. на проработку идеи строительства нанокораблей с двигателем не крупнее бактерии. Он рассчитывает использовать все ту же технологию травления, заимствованную из полупроводниковой промышленности, для создания флотилии из нескольких миллионов нанокораблей. Двигаться эти корабли будут за счет выбрасывания крошечных наночастиц размером всего несколько десятков нанометров. Эти наночастицы предполагается разгонять в электрическом поле — точно так же, как делается в ионном двигателе. Но каждая наночастица весит в тысячи раз больше иона, поэтому и тяга

у такого двигателя будет значительно больше, чем у обычного ионного. Таким образом, двигатели нанокораблей будут обладать всеми преимуществами ионных двигателей, но значительно большей тягой. Гилкрист уже начал травить кое-какие детали для своих нанокораблей. На данный момент ему удается разместить 10 000 отдельных «двигателей» на одном кремниевом чипе размером в один сантиметр. Первоначально он планирует разослать свою флотилию по Солнечной системе и таким образом проверить эффективность нанокораблей. Но со временем они могут составить часть первой земной флотилии, которая отправится к звездам.

Проект Гилкриста — одно из нескольких футуристических предложений, которые в настоящее время рассматривает NASA. После нескольких десятилетий бездействия NASA вновь обратилось к различным проектам межзвездных путешествий — от вполне реальных до совершенно фантастичных. С начала 1990-х NASA принимает у себя ежегодный Семинар по исследованиям в области перспективных космических двигателей, во время которого несколько команд серьезных инженеров и физиков разбирают предложенные проекты по косточкам. Еще более серьезные задачи ставит перед собой программа прорывных физических принципов, цель которой — исследовать загадочный мир квантовой физики в приложении к идее межзвездных путешествий. Ученые не пришли к единому мнению, но по большей части их усилия сосредоточены на самых успешных и продвинутых на данный момент проектах: лазерных парусах и различных вариантах термоядерных двигателей.

Учитывая медленное, но верное продвижение в разработках космических аппаратов, разумно предположить, что первый беспилотный зонд того или иного сорта может отправиться к ближайшим звездам еще в этом столетии или, возможно, в начале следующего, а значит, путешествие к звездам следует классифицировать как невозможность I класса.



Однако самый многообещающий, возможно, вариант звездного корабля предполагает использование антивещества. В настоящий момент этот проект больше напоминает научную фантастику, но не будем забывать, что антивещество уже получено на Земле; не исключено, что когда-нибудь такой звездолет станет самым перспективным вариантом для отправки к звездам первой настоящей экспедиции.

10. АНТИВЕЩЕСТВО И АНТИВСЕЛЕННЫЕ

Самая волнующая фраза, какую можно услышать в науке, — фраза, возвещающая о новых открытиях, — вовсе не «Эврика!», а «Вот забавно...».

Айзек Азимов

Если человек верит не так, как мы, мы называем его чудаком, и на этом дело кончается. Я имею в виду, кончается в наши дни, потому что мы не можем сжечь его.

Марк Твен

Первопроходца всегда можно узнать по стрелам в спине.

Беверли Рубик

В бестселлере Дэна Брауна «Ангелы и демоны», который предшествовал его же «Коду да Винчи», действие сосредоточено вокруг заговора небольшой группы экстремистов-«иллюминатов»; заговорщики хотели взорвать Ватикан бомбой из антивещества, выкраденного из ядерной лаборатории CERN недалеко от Женевы. Заговорщики знают, что результатом соприкосновения вещества и антивещества должен стать грандиозный взрыв, во много раз более мощный, чем взрыв водородной бомбы. И хотя бомба из антивещества — плод фантазии автора, само по себе антивещество вполне реально.

Эффективность атомной бомбы, несмотря на всю ее жуткую мощь, составляет всего около 1%. В энергию переходит лишь крохотная часть массы урана. А вот бомба из антимате-

рии, если бы такую удалось создать, превращала бы в энергию 100% своей массы, и потому была бы гораздо более эффективной, чем атомная бомба. (Точнее, в «полезную» взрывную энергию в такой бомбе превратилось бы около 50% вещества; оставшаяся часть массы была бы унесена в пространство почти необнаружимыми частицами — нейтрино.)

Долгое время антивещество находилось в фокусе общественного и научного интереса. Хотя бомбы из антивещества по-прежнему не существует, физики научились создавать небольшие порции антивещества для изучения при помощи мощных ускорителей.

Получение антиатома и антихимия

В начале XX в. физики поняли, что атом состоит из заряженных элементарных частиц, и электроны (отрицательно заряженные частицы) обращаются вокруг крохотного ядра (имеющего положительный заряд). Ядро, в свою очередь, состоит из протонов (носителей положительного заряда) и нейтронов (которые электрически нейтральны).

В начале 1950-х гг. физика пережила настоящий шок. Связано это было с пониманием того, что для каждой частицы существует парная к ней античастица — точно такая же частица, но с противоположным зарядом. Первым был открыт положительно заряженный антиэлектрон (получивший название позитрон). Позитрон во всем идентичен электрону, но заряд при этом имеет положительный. (Трек, или след, позитрона очень легко увидеть в камере Вильсона. В мощном магнитном поле пролетающие позитроны отклоняются в противоположном направлении по отношению к обычным электронам. Еще в школе я фотографировал подобные треки антивещества.)

В 1955 г. на ускорителе частиц Университета Калифорнии в Беркли — «Беватроне» — был получен первый антипротон. Как и ожидалось, он оказался полностью идентичен протону,

за исключением того, что заряжен отрицательно. Это означает, что в принципе можно создать антиатом (где вокруг антипротонного ядра будут обращаться позитроны). Более того, теоретически возможно существование всех антиэлементов, антихимии, антилюдей, антиземель и даже антивселенных.

К настоящему моменту ученым удалось создать крошечные порции антиводорода на гигантском ускорителе в CERN и в Лаборатории имени Ферми неподалеку от Чикаго. (Для этого пучок высокоэнергетических протонов при помощи мощного ускорителя направляют на мишень, создавая таким образом беспорядочный поток осколков атомов. Мощные магниты выделяют из этого потока антипротоны, которые затем замедляют до очень низких скоростей и затем подвергают действию позитронов, которые естественным образом излучает натрий-22. Если позитрон, он же антиэлектрон, начинает обращаться вокруг антипротона, возникает атом антиводорода — ведь атом водорода состоит из одного протона и одного электрона.) В чистом вакууме такие антиатомы могут существовать вечно. Но стенки сделаны из обычного вещества, да и примесей избежать невозможно, так что рано или поздно антиатомы сталкиваются с обычными атомами и аннигилируют с высвобождением энергии.

В 1995 г. CERN произвел настоящую сенсацию — объявил о создании девяти атомов антиводорода. В принципе ничто — кроме, разумеется, запредельно высокой цены — не мешает нам создавать атомы более тяжелых антиэлементов. Любое государство обанкротилось бы, произведя несколько десятков граммов антиатомов. В настоящее время уровень производства антивещества в мире составляет от одной миллиардной до одной десятимиллиардной грамма в год. К 2020 г. это количество, возможно, утроится. Экономическая сторона производства антивещества выглядит весьма неприглядно. В 2004 г. несколько триллионных грамма антивещества обошлась CERN в 20 млн долл. При таких темпах производство 1 г антивещества

стоило бы сто квадриллионов долларов и заняло бы 100 млрд лет непрерывной работы фабрики! Это делает антивещество самым дорогим продуктом на свете.

«Если бы мы могли собрать все произведенное нами антивещество и аннигилировать его с веществом, — говорится в заявлении CERN, — мы получили бы достаточно энергии, чтобы одна электрическая лампочка могла гореть несколько минут».

Обращаться с антивеществом чрезвычайно сложно — ведь любой контакт вещества и антивещества порождает взрыв. Поместить антивещество в обычный контейнер равносильно самоубийству — как только оно соприкоснется со стенками, произойдет взрыв. Вообще, как можно обращаться с такой чувствительной субстанцией? Единственный способ — предварительно ионизировать антивещество, превратив его в ионный газ, а затем надежно запереть в «магнитную бутылку», где магнитное поле не даст ему соприкоснуться со стенками.

Если мы хотим построить двигатель на антивеществе, нам нужно будет обеспечить постоянную подачу его в рабочую камеру; там антивещество будет аккуратно входить в соприкосновение с веществом, рождая управляемый взрыв — примерно такой же, какой происходит в ракете с химическим двигателем. Ионы, возникшие в процессе взрыва, будут затем выбрасываться через сопло двигателя, придавая ракете поступательное движение. Двигатель на антивеществе весьма эффективно превращает материю в энергию, поэтому теоретически это самый соблазнительный тип двигателя для звездолетов будущего. В сериале «Звездный путь» источником энергии звездолета «Энтерпрайз» является антивещество; в его двигателях постоянно происходит управляемая встреча вещества с антивеществом.

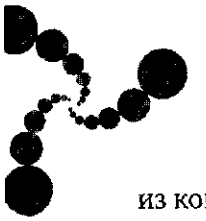
Реактивный двигатель на антивеществе

Физик Джеральд Смит из Университета штата Пенсильвания — один из самых ярых сторонников кораблей на антивеществе.

Он считает, что, не заглядывая слишком далеко вперед, всего лишь 4 мг позитронов будет достаточно, чтобы доставить корабль с соответствующим двигателем на Марс всего за несколько недель. Смит отмечает, что антивещество способно высвободить примерно в миллиард раз больше энергии, чем обычное ракетное топливо.

Первым делом при производстве топлива-антивещества должно стать получение в ускорителе частиц потока антипротонов и «складирование» их в ловушке Пеннинга, которую разрабатывает в настоящий момент Смит. Предполагается, что готовая ловушка Пеннинга будет весить 100 кг (бóльшую часть из которых должны составлять жидкие азот и гелий) и сможет вместить около триллиона антипротонов, удерживая их в магнитном поле. (При очень низких температурах длина волны антипротонов в несколько раз больше длины волны атомов, из которых состоит стенка контейнера, поэтому антипротоны в большинстве случаев будут отражаться от стенки без аннигиляции.) Смит утверждает, что антипротоны в ловушке Пеннинга можно будет хранить около пяти суток (до использования, т. е. до смешивания с обычными атомами и аннигиляции). Ожидается, что его ловушка вместит примерно одну миллиардную грамма антипротонов. Цель Смита — создать ловушку Пеннинга, способную удерживать до 1 мкг, т. е. до одной миллионной доли грамма, антипротонов.

Хотя антивещество продолжает оставаться самой дорогостоящей субстанцией на Земле, его цена год от года резко падает (по сегодняшним ценам грамм антивещества стоил бы примерно 62,5 трлн долл.). В Лаборатории имени Ферми под Чикаго строится новый инжектор частиц, который должен увеличить производство антивещества в лаборатории в десять раз, с 1,5 до 15 нг в год, что тоже должно существенно снизить цены. Тем не менее Гарольд Герриш из NASA считает, что с дальнейшим усовершенствованием технологии цена вполне может снизиться до 5000 долл. за микрограмм. Доктор Стивен Хау



из компании Synergistic Technologies в Лос-Аламосе, штат Нью-Мексико, утверждает: «Наша цель — перевести антивещество из недостижимой сферы научной фантастики в открытую для коммерческого использования сферу транспортных и медицинских приложений».

До сих пор для получения антипротонов используются ускорители, которые разрабатывались в свое время как инструменты для научных исследований, а не как фабрики по производству антивещества; поэтому они, естественно, очень неэффективны. Именно поэтому Смит мечтает о строительстве нового ускорителя частиц, специально разработанного для производства значительного количества антипротонов; появление такой специализированной фабрики сразу снизило бы цену.

Смит мечтает о том, что когда-нибудь, когда дальнейшие технические усовершенствования и массовое производство помогут снизить ее еще сильнее, ракеты на антивеществе станут рабочими лошадками межпланетного, а возможно, и межзвездного сообщения. Пока же их проекты остаются только на бумаге.

Естественное антивещество

Если антивещество так сложно получить в земных условиях, то, может, легче обнаружить его в космосе? К сожалению, поиски антивещества во Вселенной, к большому удивлению физиков, почти не дали результатов. Трудно объяснить, почему наша Вселенная состоит преимущественно из вещества, а не из антивещества. Казалось бы, логично предположить, что при рождении Вселенной вещество и антивещество возникли в равных, симметричных количествах. Поэтому так поражает почти полное отсутствие антивещества.

Наиболее вероятный ответ на этот вопрос первым сформулировал Андрей Сахаров, человек, разработавший в 1950-х гг. для Советского Союза водородную бомбу. Сахаров рассуждал

так: в начале Вселенной, во время Большого взрыва, возникла легкая асимметрия в количестве вещества и антивещества, причиной которой стало так называемое нарушение зарядовой и четной симметрии (CP-симметрии). В настоящее время это явление — предмет самых интенсивных исследований. В конечном итоге, рассуждал Сахаров, все атомы нашей сегодняшней Вселенной представляют собой остатки почти полной взаимной аннигиляции материи и антиматерии; это взаимное космическое уничтожение последовало за Большим взрывом. Лишь крохотная несимметричная часть вещества образовала остаток, из которого и сформировалась сегодняшняя видимая Вселенная. Все атомы наших тел — остатки титанического столкновения вещества и антивещества.

Эта теория допускает существование небольших количеств антивещества, возникшего естественным образом. Если нам удастся обнаружить его запасы, стоимость производства топлива для двигателей на антивеществе резко упадет. В принципе искать «залежи» естественного антивещества должно быть несложно. Когда электрон встречается с позитроном, оба аннигилируют, излучая при этом гамма-кванты с энергией 1,02 МэВ или выше. Поэтому, просканировав небо в поисках гамма-лучей с такой энергией, можно безошибочно отыскать следы присутствия естественного антивещества.

В самом деле, доктор Уильям Пёрселл из Северо-Западного университета обнаружил «фонтаны» антивещества в галактике Млечный Путь, недалеко от ее центра. По всей видимости, там имеется поток антивещества, который при столкновении с обычным водородом порождает характерное гамма-излучение с энергией 1,02 МэВ. Если этот поток имеет естественное происхождение, то, возможно, во Вселенной существуют и другие «карманы» антивещества, которое не было уничтожено во время Большого взрыва.

Для более систематических поисков антивещества естественного происхождения в 2006 г. на орбиту был выведен

спутник PAMELA, разработанный совместными усилиями России, Италии, Германии и Швеции и предназначенный для поисков сохранившихся участков антивещества. Предыдущие попытки такого рода ограничивались использованием высотных аэростатов и шаттлов, т. е. сбор данных продолжался не более недели. PAMELA же будет работать на орбите по крайней мере три года. «Это лучший детектор из всех, что были до сих пор, и мы будем пользоваться им долгое время», — говорит участник проекта Пьерджорджо Пикоцца из Римского университета.

Прибор разработан для регистрации космических лучей как от обычных источников, таких как сверхновые, так и от неожиданных и необычных, таких как звезды, состоящие целиком из антивещества. Говоря более конкретно, PAMELA будет искать след антигелия, который может возникать в недрах антизвезд. Сегодня большинство физиков уверены, что в результате Большого взрыва вещество и антивещество во Вселенной аннигилировали почти полностью, как и предположил в свое время Сахаров, но прибор PAMELA будет работать, исходя из другого предположения — что в этой аннигиляции не участвовали целые области Вселенной с преобладанием антивещества, где оно и сегодня существует в виде антизвезд.

Если антивещество в небольших количествах существует в открытом космосе, то не исключено, что можно будет «собирать» его и использовать в качестве топлива для звездолетов. Институт перспективных концепций NASA достаточно серьезно воспринимает идею сбора антивещества в космосе, о чем свидетельствует недавно выданный грант на пилотный проект по изучению этой идеи. «Упрощенно говоря, вам нужно создать сеть вроде рыболовной», — говорит Джеральд Джексон из компании Hbar Technologies, принимающей в этом проекте активное участие.

Основой предполагаемого устройства для сбора антивещества служат три концентрические сферы, изготовленные из проволочной сетки. Внешняя сфера диаметром 16 км должна быть положительно заряжена; она будет отталкивать поло-

жительно заряженные протоны, но притягивать отрицательно заряженные антипротоны. Антипротоны, прошедшие через первую сферу, будут замедляться, проходя через вторую, и останавливаться на подходе к внутренней сфере диаметром 100 м. Там антипротоны будут захватываться магнитным полем и смешиваться с позитронами для получения антиводорода.

Согласно оценке Джексона, управляемая аннигиляция вещества и антивещества внутри космического корабля могла бы довести его под солнечным парусом до Плутона при расходе всего лишь в 30 мг антивещества. Чтобы долететь до Альфы Центавра, звездолету, по этим же расчетам, потребуется 17 г антивещества. В то же время Джексон утверждает, что между орбитами Венеры и Марса может присутствовать до 80 г антивещества, которое теоретически можно собрать при помощи такого космического зонда. Однако, принимая во внимание технические проблемы и стоимость запуска гигантского сборщика антивещества, можно предположить, что этот проект будет реализован не раньше конца XXI в., а то и позже.

Некоторые ученые мечтают получить антивещество из астероида, свободно дрейфующего в открытом космосе. (В серии комиксов «Флэш Гордон» когда-то фигурировал летящий по космосу зловещий астероид из антивещества, способный при встрече с любой планетой вызвать ужасающий взрыв.)

Если антивещества естественного происхождения в космосе не отыщется, нам придется ждать несколько десятилетий, а то и столетий, прежде чем мы на Земле сможем наладить производство существенных его количеств. Но если предположить, что технические проблемы производства антивещества решаемы, вероятность того, что когда-нибудь корабли с двигателями на антивеществе помчат нас к звездам, остается значительной.

Учитывая все, что нам на сегодняшний день известно об антивеществе, и предполагая дальнейшее развитие связанной с ним технологии, я бы определил ракетные корабли на антивеществе как невозможность I класса.

Первооткрыватель антивещества

Что такое антивещество? Представляется странным, что природа без всяких видимых причин удвоила число элементарных частиц во вселенной. Как правило, природа очень экономна — но в отношении пары вещество-антивещество она, похоже, повела себя в высшей степени расточительно. Кроме того, возникает еще один вопрос: если существует антивещество, может быть, существуют и антивселенные?

Чтобы поискать ответы на эти вопросы, нам придется разобраться в истории самого антивещества. Открытие его относится еще к 1928 г., к новаторским работам Поля Дирака, одного из самых блестящих физиков двадцатого столетия. Он занимал лукасовскую кафедру в Кембриджском университете — ту самую, которую в свое время занимал Ньютон и которую в настоящее время занимает Стивен Хокинг. Дирак родился в 1902 г.; он был молодым человеком, высоким и жилистым, когда в 1925 г. разразилась квантовая революция. В этот момент Дирак изучал электротехнику, но волна интереса, разбуженного новой теорией, захватила его и навсегда изменила его жизнь.

Квантовая теория базируется на представлении о том, что частицу вроде электрона можно описать не только как точечный объект, но и как некую волну, отвечающую знаменитому волновому уравнению Шрёдингера. (Волновая функция представляет вероятность нахождения частицы в конкретной точке.)

Но Дирак быстро понял, что уравнение Шрёдингера имеет серьезный недостаток. Оно описывает только медленно движущиеся электроны. На более высоких скоростях уравнение перестает действовать, так как не подчиняется законам относительности Альберта Эйнштейна — а ведь именно эти законы описывают поведение объектов на высоких, околосветовых скоростях.

Юному Дираку сразу захотелось так переформулировать уравнение Шрёдингера, чтобы попытаться включить в него

и законы теории относительности. В 1928 г. молодой ученый предложил свой вариант уравнения Шрёдингера — достаточно радикальную его модификацию, которая в полной мере соответствовала теории относительности Эйнштейна. Ученый мир был потрясен. Дирак отыскал свое знаменитое релятивистское уравнение для электрона путем чисто математических манипуляций с высшими математическими объектами, известными как спиноры. Внезапно математическая диковинка оказалась центральной фигурой во всей Вселенной. (До Дирака многие физики были убеждены, что великие открытия в физике должны стоять на прочной базе экспериментальных данных, но Дирак выбрал противоположную стратегию. Для него чистая математика — если, конечно, она была достаточно красива — служила путеводной звездой на пути к великим открытиям. Он писал: «Красота уравнений важнее, чем их соответствие экспериментальным данным... представляется, что если стремишься получить в уравнениях красоту и обладаешь здоровой интуицией, то ты на верном пути».)

Работая над новым уравнением для электрона, Дирак обнаружил, что прославленное уравнение Эйнштейна, $E=mc^2$, не совсем верно. Это уравнение верно лишь отчасти, несмотря на то что его можно увидеть повсюду: на рекламах Мэдисон-авеню и на детских футболках, в мультиках и на костюмах супергероев. Верное уравнение выглядит так: $E = \pm mc^2$. (Минус возникает потому, что в процессе вывода нам приходится брать квадратный корень из определенной величины. А операция взятия квадратного корня всегда привносит в выражение неопределенность в знаке.)

Но физики не выносят отрицательной энергии. В физике существует аксиома, согласно которой объекты всегда стремятся к состоянию с минимальной энергией (именно поэтому вода всегда стремится к минимальному уровню, уровню моря). А если материя всегда стремится к состоянию с минимальной энергией, то перспектива появления отрицательной энергии

чревата поистине катастрофическими последствиями. Присутствие во Вселенной отрицательных энергий означало бы, что все электроны со временем провалятся к бесконечным отрицательным энергиям — а это, в свою очередь, означало бы, что теория Дирака нестабильна. Пытаясь избежать этого, Дирак изобрел концепцию «моря Дирака». Он предположил, что все состояния с отрицательными энергиями уже заняты, поэтому электрон никак не может туда провалиться. Следовательно, Вселенная стабильна. Кроме того, иногда гамма-квант, столкнувшись случайно с электроном, пребывающим в состоянии с отрицательной энергией, выталкивает его «наверх», в состояние с положительной энергией. Тогда мы видим, как гамма-квант превращается в электрон, а в море Дирака возникает дырка. Эта дырка должна вести себя как пузырек в вакууме: обладать положительным зарядом и массой, равной массе первоначального электрона. Другими словами, дырка должна вести себя как антиэлектрон. Иначе говоря, в этой картине мира антивещество состоит из «пузырьков» в море Дирака.

Всего через несколько лет после этого поразительного предсказания Карл Андерсон действительно обнаружил антиэлектрон, и в 1933 г. Дирак получил за свое предсказание Нобелевскую премию.

Другими словами, антивещество существует потому, что уравнение Дирака имеет два варианта решений — одно для вещества, другое для антивещества. (А это, в свою очередь, есть следствие специальной теории относительности.)

Уравнение Дирака предсказывает не только существование антивещества; оно предсказывает также существование у электрона «спина». Элементарные частицы могут вращаться подобно волчку. Спин электрона, к примеру, очень важен для понимания поведения электронов в транзисторах и полупроводниках, которые составляют основу современной электроники.

Стивен Хокинг сожалеет, что Дирак не запатентовал свое уравнение. Он пишет: «Дирак сделал бы состояние, если бы

запатентовал уравнение Дирака. Он получал бы авторский процент с каждого телевизора, плеера, видеоигры или компьютера».

Сегодня знаменитое уравнение Дирака выбито на камне Вестминстерского аббатства, недалеко от могилы Исаака Ньютона. Это, пожалуй, единственное уравнение в мире, удостоенное такой исключительной чести.

Дирак и Ньютон

Пытаясь понять, как именно Дирак пришел к своему революционному уравнению и концепции антивещества, историки науки часто сравнивают его с Ньютоном. Интересно, что у Ньютона и Дирака действительно имеется немало сходных черт. Оба они работали в Кембриджском университете и свое главное открытие совершили в 20 лет с небольшим; оба прекрасно владели математикой. Кроме того, у них была еще одна общая черта: полное, доходящее до патологии, отсутствие социальных навыков. Оба славились своей неспособностью поддерживать светскую беседу и вообще вести себя в обществе. Дирак был болезненно застенчив; он никогда ничего не говорил, пока его прямо не спрашивали, да и на вопросы отвечал только «да», «нет» или «не знаю».

Мало того, Дирак был чрезвычайно скромен и ненавидел всяческую публичность. Когда ему дали Нобелевскую премию по физике, он всерьез думал, не отказаться ли — только из-за неизбежной известности и связанного с этим беспокойства. Но, когда ему указали, что отказ от Нобелевской премии принесет ему еще большую известность, он решил принять награду.

Об эксцентричности Ньютона написано немало трудов; гипотезы выдвигались самые разные: от отравления парами ртути до душевной болезни. Но недавно кембриджский психолог Саймон Бэрон-Коэн выдвинул новую теорию, которая могла бы объяснить странности одновременно и Дирака, и Ньютона.

Бэрон-Коэн утверждает, что оба они, вероятно, страдали от синдрома Аспергера, схожего с аутизмом — этой болезнью страдал гениальный безумец в фильме «Человек дождя». Люди, страдающие синдромом Аспергера, чрезвычайно замкнуты, не умеют держать себя в обществе и иногда обладают выдающимися математическими способностями; в отличие от больных аутизмом, они все же способны жить и работать среди людей. Если эта теория верна, то чудесные вычислительные способности Ньютона и Дирака, возможно, дорого им достались, ведь они прочно отгородили обоих от остального человечества.

Антигравитация и антивселенные

Теория Дирака помогает получить ответы на множество вопросов. Что выступает в роли гравитации в мире антивещества? Существуют ли антивселенные?

Как мы уже обсуждали, античастицы имеют противоположный заряд по отношению к обычным частицам. При этом можно сказать, что частицы, не обладающие зарядом вовсе (такие, как фотон, частица света, или гравитон, частица гравитации), могут служить античастицами самим себе. Следовательно, что гравитация — сама себе антиматерия; другими словами, гравитация и антигравитация — одно и то же. Поэтому антивещество под действием гравитации будет, как и вещество, падать вниз, а не вверх. (Здесь все физики едины во мнении, но в лаборатории этот факт никогда не проверялся.)

Теория Дирака отвечает и на более глубинные вопросы. Почему природа допускает существование антивещества? Следует ли из этого существование антивселенных?

В некоторых научно-фантастических произведениях герой обнаруживает в космосе землеподобную планету. Мало того, новая планета оказывается во всем подобной Земле, за исключением того, что состоит из антивещества. У каждого из нас на этой планете есть двойник; антилюди со своими антидетьми

живут в тамошних антигородах. Поскольку законы антихимии полностью соответствуют законам химии, не считая противоположности всех зарядов, люди этого мира не в состоянии понять, что состоят из антивещества. (Физики называют такую вселенную вселенной с обратным зарядом, поскольку все заряды в ней имеют обратный знак, а все остальное точно такое же, как у нас.)

В других научно-фантастических сюжетах ученые открывают в открытом космосе планету-близнец Земли, только зеркальную; лево и право там полностью поменялись местами. Сердца у людей расположены справа, а левшей значительно больше, чем правшей. Тамошние жители проживают свой век, не подозревая, что живут в зеркально перевернутой вселенной. (Физики называют такую вселенную зеркальной, или вселенной с обратной четностью.)

Могут ли в действительности существовать зеркальные вселенные или вселенные из антивещества? Вообще, физики очень серьезно относятся к вопросу о вселенных-двойниках, ведь уравнения Ньютона и Эйнштейна останутся теми же, если просто поменять знак заряда у всех элементарных частиц или поменять местами лево и право. Исходя из этого, и зеркальные вселенные, и вселенные из антивещества в принципе возможны.

Нобелевский лауреат Ричард Фейнман задал в отношении этих вселенных интересный вопрос. Предположим, когда-нибудь мы сумеем связаться по радио с обитателями далекой планеты; видеть их мы при этом не будем. «Сможем ли мы объяснить им по радио разницу между понятиями "лево" и "право"?» — спрашивал Фейнман. Если законы физики разрешают существование зеркальной вселенной, то донести до наших радиособеседников эти концепции окажется невозможно.

Он рассуждал следующим образом. Некоторые вещи объяснить легко — это относится, например, к форме нашего тела, количеству у нас пальцев, ног и рук. Мы сможем даже объяснить инопланетянам законы химии и биологии. Но стоит нам

попытаться объяснить им понятия «лево» и «право» (или «по часовой стрелке» и «против часовой стрелки»), у нас ничего не получится. Мы никогда не сможем объяснить, что сердце у нас находится слева, в каком направлении вращается Земля или закручивается спираль молекулы ДНК.

Ученые испытали настоящее потрясение, когда Ч. Янг и Ц. Ли, работавшие в то время в Колумбийском университете, доказали, что эта замечательная теорема неверна. Исследовав природу элементарных частиц, они сумели показать, что зеркальная вселенная существовать не может. Узнав об этом революционном результате, один физик сказал: «Господь, должно быть, сделал ошибку». За этот результат, потрясший основы физики и получивший название «несоблюдение четности», Янг и Ли получили в 1957 г. Нобелевскую премию по физике.

Для Фейнмана этот результат означал, что если наладить радиосвязь с инопланетянами, то можно договориться о некоем эксперименте, который позволил бы определить друг для друга разницу между правой и левой вселенными. (К примеру, радиоактивный кобальт-60 излучает электроны с правым и левым спином не в равных количествах; одно из направлений вращения является предпочтительным, и четность, таким образом, нарушается.)

Фейнман представил себе, как будет проходить историческая встреча между землянами и представителями иной цивилизации. Мы попросим инопланетян протянуть при первой встрече правую руку и обменяемся рукопожатиями. Если чужие действительно протянут нам правую руку, мы поймем, что сумели объяснить им, что такое «право-лево» и «по часовой стрелке или против».

Но затем Фейнман задал непростой вопрос. А что, если чужаки протянут нам левую руку вместо правой? Это будет означать, что мы совершили роковую ошибку и не смогли понятно объяснить, что такое «лево» и «право». Хуже того, это будет означать, что чужие на самом деле состоят из антивещества,

а потому они провели все эксперименты задом наперед и получили «лево» и «право» наоборот. И тогда это будет означать, что при попытке пожать друг другу руки мы все взорвемся!

Таковы были наши представления до 1960-х гг. Некоторое время считалось, что невозможно отличить нашу Вселенную от другой вселенной, которая состояла бы из антивещества с противоположной четностью. Если поменять одновременно и четность, и заряд, то получившаяся вселенная будет подчиняться все тем же законам природы, что и наша. Да, четность сама по себе была опровергнута, но вместе заряд и четность давали вполне симметричную вселенную. Так что вселенная, симметричная нашей одновременно по заряду и четности (CP-симметричная), вроде бы оставалась возможной.

Это означало, что мы, разговаривая с инопланетянами по телефону, никогда не сумели бы объяснить им разницу между обычной вселенной и вселенной «перевернутой» относительно заряда и четности (такой, где лево и право поменялись местами, а все вещество превратилось в антивещество).

И вот в 1964 г. физики испытали второй шок: CP-симметричная вселенная (симметричная нашей по заряду и четности) тоже оказалась невозможной! Исследование свойств элементарных частиц позволит даже в такой вселенной различить право и лево, направления по часовой стрелке и против. За этот результат в 1980 г. Джеймсу Кронину и Вэлу Фитчу была присуждена Нобелевская премия.

(Многие физики расстроились, когда выяснилось, что CP-симметричная вселенная противоречит законам физики, но задним числом можно утверждать, что само по себе это хорошо; мы уже обсуждали это. Если бы CP-перевернутая вселенная имела право на существование, то в первоначальный Большой взрыв были бы вовлечены в точности одинаковые количества вещества и антивещества, которые затем аннигилировали бы на 100%, и никаких атомов не возникло бы вообще! Тот факт, что мы существуем как остаток от аннигиляции неравных количеств

вещества и антивещества, сам по себе является доказательством нарушения CP-симметрии.)

Вообще, могут ли существовать какие-нибудь антивселенные, симметричные нашей по одному или нескольким параметрам? На этот вопрос следует дать положительный ответ. Хотя симметричные по четности и по заряду вселенные невозможны, в принципе антивселенные имеют право на существование; правда, это будет очень странная симметрия. Если поменять на противоположные не только знак заряда и четность, но и направление хода времени, то вселенная, которая у нас получится, будет подчиняться всем законам физики. Таким образом получается, что разрешены CPT-симметричные вселенные.

Обращение времени — весьма причудливый вид симметрии. В T-симметричной вселенной яичница спрыгивает с тарелки, собирается воедино на сковороде, а затем разбегается обратно по яйцам и запечатывает за собой скорлупу. Мертвец поднимается из могилы, молодеет, становится младенцем и запрыгивает в чрево матери.

Здравый смысл говорит нам, что такая вселенная невозможна. Но математические уравнения элементарных частиц утверждают обратное. Законы Ньютона замечательно выполняются — хоть вперед по времени, хоть назад. Представьте себе видеозапись бильярдной партии. Каждое столкновение шаров подчиняется ньютоновым законам движения. Если мы прокрутим запись в обратном направлении, игра будет выглядеть странно, — но законы Ньютона допускают и такой порядок вещей.

В квантовой теории все сложнее. Обращение времени само по себе нарушает законы квантовой механики, но полностью CPT-симметричная вселенная (иными словами, такая вселенная, где одновременно изменены знак заряда, четность и направление хода времени) ничему не противоречит. Это означает, что вселенная, где лево и право поменялись местами, вещество превратилось в антивещество, а время идет задом на-

перед, с точки зрения законов физики выглядит совершенно нормально!

(Интересно отметить, что мы никак не можем связаться с CPT-перевернутым миром. Если время на их планете течет в обратном направлении, все, что мы передадим по радио, станет частью их будущего, а значит, будет забыто сразу же по получении сигнала. Поэтому, хотя сама по себе CPT-симметричная вселенная имеет право на существование, связаться с ней по радио невозможно.)

Подведем итоги. Возможно, в отдаленном будущем двигатель на антивеществе даст нам реальную возможность построить звездолет — конечно, если мы найдем способ изготовить на Земле или собрать в открытом космосе достаточное количество антивещества. Нарушение CP-симметрии обусловливает легкий дисбаланс между веществом и антивеществом; возможно, благодаря этому во Вселенной до сих пор существуют скопления, или «карманы», антивещества, которое когда-нибудь можно будет собирать.

Но поскольку разработка двигателя на антивеществе столкнется с серьезными техническими трудностями, на их преодоление может уйти лет сто или даже больше. Это заставляет отнести двигатель на антивеществе к I классу невозможности.

Но давайте разберемся теперь с другим вопросом. Будут ли — хотя бы через несколько тысяч лет — созданы сверхсветовые звездолеты? Можно ли обойти знаменитую аксиому Эйнштейна, которая гласит, что ничто не может двигаться быстрее света? Ответ, как ни странно, должен быть однозначно положительным.

ЧАСТЬ II

НЕВОЗМОЖНОСТИ II КЛАССА

11. БЫСТРЕЕ СВЕТА

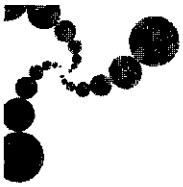
Вполне можно себе представить, что [жизнь] со временем распространится по всей Галактике и за ее пределами. Так что жизнь, возможно, не всегда будет оставаться для Вселенной незначительным посторонним включением, хотя в настоящее время ситуация именно такова. Откровенно говоря, мне такая перспектива кажется очень заманчивой.

Королевский астроном сэр Мартин Рис

Путешествовать быстрее света невозможно, да и ни к чему, — слишком уж часто слетает шляпа.

Вуди Аллен

В «Звездных войнах» есть такой эпизод. «Тысячелетний сокол» с героями — Люком Скайуокером и Ханом Соло — на борту взлетает с пустынной планеты Татуин и встречает на околопланетной орбите эскадру имперских боевых кораблей. Имперцы начинают обстреливать корабль наших героев из боевых лазеров, залпы которых неизменно пробивают его защитное поле. Силы не равны, «Сокол» откровенно проигрывает противнику в огневой мощи. Хан Соло бросает корабль из стороны в сторону, уклоняясь от огня, и кричит, что их единственная надежда — прыжок в «гиперпространство». В последний момент гиперпространственные двигатели срабатывают. Все звезды вокруг внезапно «взрываются» слепящими сходящимися лучами и устремляются к центру обзорного экрана. Открывается «дыра», через которую «Тысячелетний сокол» устремляется к гиперпространству и свободе.



Фантастика? Конечно. Но может ли быть, что она основана на научных фактах? Быть может. Путешествия быстрее света всегда были одной из ключевых тем научной фантастики, но в последнее время и физики начали всерьез задумываться о возможности таких путешествий.

Согласно Эйнштейну, скорость света представляет собой абсолютный предел скорости, быстрее которого не может двигаться ничто во Вселенной. Даже самые мощные наши ускорители, способные придавать частицам невероятные энергии — частицы с такой энергией можно обнаружить только в центре взрывающейся звезды или, скажем, в момент Большого взрыва, — не могут разогнать элементарные частицы до скорости, превышающей скорость света. Очевидно, скорость света — абсолютный гаишник Вселенной. Но если это так, все наши надежды добраться когда-нибудь до отдаленных галактик ничего не стоят.

А может быть, все не так грустно...

Эйнштейн-неудачник

В 1902 г. мало кто мог бы предсказать, что молодой физик Альберт Эйнштейн будет признан величайшим физиком со времен Исаака Ньютона. Скорее, наоборот, этот год стал одним из самых неудачных в его жизни. Свежеиспеченный кандидат на получение степени доктора философии не смог поступить на преподавательскую должность ни в одном из университетов, в которые обращался. (Позже он узнал, что его профессор Генрих Вебер написал для него ужасные рекомендательные письма, возможно, в отместку за многочисленные занятия, сорванные по вине строптивого студента.) Мало того, мать Эйнштейна была настроена категорически против его подружки Милевы Марич, которая в тот момент была беременна его ребенком. В результате их первая дочь Лизерль родилась вне брака. Не везло молодому Альберту и с временной работой — внезапно его

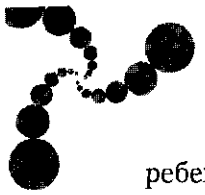
уволили даже с жалкой должности подменного учителя. В тоскливых письмах того времени встречаются размышления о том, не заняться ли ему торговлей, чтобы заработать на жизнь. Он даже пишет родным, что лучше бы ему никогда не родиться, — ведь он тяжкая обуза для семьи и не имеет никаких шансов на успех в жизни. Когда умер его отец, Эйнштейн испытал стыд; отец умер, считая сына полным неудачником.

Но чуть позже в том же 1902 г. удача повернулась к Эйнштейну лицом. Друг помог ему поступить экспертом в Швейцарское патентное бюро. Именно на этом скромном посту он и начал величайшую революцию современной физики. Анализ изобретений не занимал много времени, и Эйнштейн часами размышлял о проблемах физики, которые занимали его с детства.

В чем секрет его гения? Возможно, одной из ключевых черт таланта Эйнштейна была его способность думать в терминах физической картины (представлять себе движущиеся поезда, ускоряющиеся часы, растянутое полотно и т. п.), а не чистой математики. Сам Эйнштейн однажды сказал, что, если некую теорию нельзя объяснить ребенку, она, скорее всего, бесполезна; это значит, что суть теории должна выражаться той самой физической картиной. Сколько физиков заблудились в дебрях математики, которая сама по себе никуда не ведет! Но Эйнштейн, как прежде Ньютон, не мог без физической картины; математика появлялась потом. Для Ньютона физическую картину олицетворяли падающее яблоко и Луна. Одни и те же силы заставляют яблоко падать, а Луну ходить по своей орбите или разные? Когда Ньютон решил, что эти силы идентичны, он выстроил математическое здание Вселенной и неожиданно раскрыл величайшую тайну небес, законы движения самих небесных тел.

Эйнштейн и относительность

Альберт Эйнштейн предложил знаменитую теорию относительности в 1905 г. В центре его теории — картинка, понятная даже



ребенку. Эта теория стала ярчайшим выражением мечты, владевшей Эйнштейном с 16 лет; он тогда задал себе судьбоносный вопрос: что произойдет, если обогнать луч света? Уже юношей он знал, что движение объектов на Земле и в небесах подчиняется механике Ньютона, а свет описывается теорией Максвелла. На тот момент вся физика стояла именно на этих двух столпах.

Эйнштейн первым понял, что «столпы» противоречат друг другу; может быть, в этом и состоит сущность его гения. Один из столпов должен был пасть.

Согласно Ньютону, обогнать свет можно без особого труда — ведь ни сам свет, ни его скорость не представляют собой ничего особенного. Это означало, что если вы будете нестись рядом с лучом света со скоростью, равной его скорости, то луч в вашей системе координат остановится. Но Эйнштейн еще в юности понял, что никто никогда не видел неподвижной световой волны — и вообще непонятно, как ее можно остановить. А значит, решил он, механика Ньютона здесь не работает.

В конце концов Эйнштейн нашел ответ на этот вопрос; он был тогда студентом в Цюрихе и изучал теорию Максвелла. Он обнаружил факт, которого не знал даже Максвелл: что скорость света постоянна и не зависит от скорости вашего движения. Не важно, будете ли вы нестись прочь от светового луча или догонять его, сам он будет двигаться с прежней скоростью, но это, вообще говоря, противоречит здравому смыслу. Эйнштейн нашел ответ на свой детский вопрос: невозможно лететь рядом со световым лучом, потому что он всегда удаляется от вас с одинаковой скоростью, как бы быстро ни двигались вы сами.

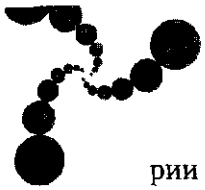
Но ньютонова механика — сложная система с прочными и жесткими связями: если потянуть за свободный кончик, т. е. хоть немного изменить исходные данные, вся система рассыплется. В теории Ньютона время в любой точке Вселенной течет одинаково. Одна секунда на Земле в точности равна одной секунде на Марсе или Венере. Точно так же метр на Земле имеет в точности ту же длину, что метр на Плутоне. Но если предпо-

ложить, что скорость света постоянна и не зависит от скорости движения наблюдателя, то надо полностью менять представления о пространстве и времени. Чтобы скорость света оставалась постоянной, и пространство, и время необходимо было серьезно исказить.

Согласно Эйнштейну, если вы находитесь в быстро летящем космическом корабле, ход времени в нем замедляется по отношению к земному времени. Время в корабле и на Земле идет с разной скоростью, в зависимости от того, насколько быстро движется корабль. Мало того, пространство внутри корабля сжимается, и в зависимости от скорости его движения метр может изменять свою длину, а масса корабля увеличивается. Если бы мы заглянули в такой космический корабль, скажем, при помощи телескопа, мы бы увидели, что часы идут медленно, и люди — сплющенные по ходу движения корабля — двигаются тоже замедленно.

Вообще говоря, если бы ракета летела со скоростью света, то время в ней, по всей видимости, остановилось бы, сама она схлопнулась бы до нулевой длины, а масса ее стала бы бесконечной. Поскольку все это представляется невыполнимым и противоречит здравому смыслу, Эйнштейн объявил, что световой барьер преодолеть невозможно. (Тот факт, что объект становится тем тяжелее, чем быстрее он движется, означает, что энергия движения переходит в массу. Точное количество энергии, которая при этом превращается в массу, посчитать несложно — всего за несколько строк преобразований можно получить знаменитое уравнение $E = mc^2$.)

С тех пор как Эйнштейн вывел свое прославленное уравнение, его революционные идеи нашли подтверждение буквально в миллионах экспериментов. К примеру, система GPS, способная определить ваше положение на Земле с точностью до нескольких метров, не сможет работать, если не вводить в нее релятивистские поправки. (Поскольку военные теперь тоже зависят от системы GPS, физикам пришлось вводить в курс тео-



рии относительности Эйнштейна даже генералов Пентагона.) Часы GPS действительно замедляются при движении спутников по орбите, как и предсказывал Эйнштейн.

Самое наглядное подтверждение справедливости этой концепции можно найти в ускорителях, где ученые разгоняют частицы до околосветовых скоростей. На гигантском ускорителе CERN, построенном в Швейцарии недалеко от Женевы, — Большом адронном коллайдере — протоны ускоряются до нескольких триллионов электрон-вольт и приближаются *вплотную к скорости света*.

Для ученого-ракетчика световой барьер пока не представляет насущной проблемы, ведь скорости современных ракет составляют всего лишь 10–15 км/с. Но лет через сто или двести, когда ученые всерьез задумаются об отправке зондов к ближайшей звезде (которую отделяют от Земли четыре с небольшим световых года), световой барьер, скорее всего, постепенно превратится в проблему.

Лазейки в теории Эйнштейна

Несколько десятилетий физики пытаются отыскать в знаменитом постулате Эйнштейна хоть какие-то лазейки. Кое-что удалось обнаружить, но в большинстве своем эти лазейки не слишком полезны практически. К примеру, если провести по небосводу лучом фонарика, то в принципе световой зайчик от луча может двигаться быстрее света. За несколько секунд образ светового луча проходит расстояние между противоположными точками горизонта, составляющее, вообще говоря, сотни световых лет. Но это не имеет значения, так как таким образом невозможно передать какую бы то ни было информацию. Получается, что образ светового луча превысил скорость света, но образ как таковой не несет *ни энергии, ни информации*.

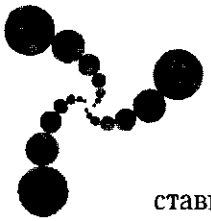
Точно так же, если взглянуть на ножницы, то можно заметить, что точка встречи лезвий движется тем быстрее, чем

дальше мы уходим от «гвоздика». Если представить себе ножницы длиной, скажем, в один световой год, то при их закрывании точка встречи лезвий будет двигаться быстрее света. (Это опять же не имеет значения, так как точка встречи лезвий не несет ни энергии, ни информации, а значит, таким образом невозможно ничего передать.)

Еще пример. Как я уже упоминал в главе 4, эксперимент Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР) в принципе позволяет посылать информацию со скоростью, превышающей скорость света. (Напомню: в этом эксперименте два электрона, которые колеблются в унисон, увозят затем в противоположных направлениях. Поскольку эти электроны когерентны, информация между ними может передаваться со скоростью, превышающей скорость света, но эта информация случайна и потому бесполезна. Поэтому ЭПР-машины невозможно использовать для отправки зондов к далеким звездам.)

Физики считают, что на самую важную лазейку в своей теории указал сам Эйнштейн. В 1915 г. он создал общую теорию относительности, еще более мощную, чем специальная теория относительности. Первые ростки новой теории возникли у Эйнштейна, когда он наблюдал за движением детской карусели. Как мы уже говорили, при приближении к скорости света объекты сжимаются. Чем быстрее мы движемся, тем сильнее сжимаемся. Но во вращающемся диске внешние слои движутся быстрее, чем внутренние. (А центр практически остается на месте.) Это означает, что линейка, помещенная на край диска, должна будет сжаться, а такая же линейка ближе к центру останется почти неизменной, — а значит, поверхность карусели будет уже не плоской, а вогнутой. Сделаем вывод: ускорение карусели искривляет на ней пространство и время.

В общей теории относительности пространство-время можно сравнить с полотном, которое может сжиматься и растягиваться. При определенных обстоятельствах это полотно может растягиваться быстрее скорости света. К примеру, пред-



ставьте себе Большой взрыв — 13,7 млрд лет назад в гигантском космическом взрыве родилась наша Вселенная. Можно подсчитать, что первоначально Вселенная расширялась быстрее скорости света. (Это не противоречит специальной теории относительности, так как расширялось пустое — межзвездное — пространство, а не сами звезды. Расширение пустого пространства не несет никакой информации.)

Самое важное в этой ситуации то, что специальная теория относительности применима только локально, т. е. в ближайшей окрестности наблюдателя. В нашей ближайшей окрестности (к примеру, в Солнечной системе) она работает, в чем мы легко можем убедиться по данным наших космических зондов. Но глобально (т. е. в космологическом масштабе, в масштабе Вселенной) мы должны пользоваться не специальной, а общей теорией относительности. В ней пространство-время превращается в ткань, и ткань эта способна растягиваться быстрее света. Кроме того, она допускает существование «пространственных дыр», которые позволяют мгновенно преодолевать пространство и время.

Значит, один из способов путешествовать быстрее скорости света — воспользоваться общей теорией относительности. Сделать это можно двумя способами.

1. Растянуть пространство. Если бы мы научились растягивать пространство позади себя и сжимать пространство впереди, впечатление бы возникло такое, как будто мы переместились из одного места в другое быстрее света. На самом деле мы не двигались бы вообще. Но деформация пространства впереди и позади корабля позволила бы нам в мгновение ока добраться до отдаленных звезд.

2. Разорвать пространство. В 1935 г. Эйнштейн ввел понятие «кротовая нора». Представьте себе зеркало Алисы — волшебное устройство, соединяющее меж-

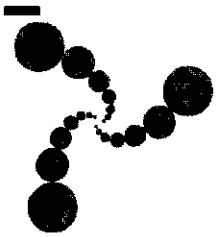
ду собой окрестности Оксфорда и Страну чудес. Кротовая нора — это «устройство», способное служить связующим звеном между двумя вселенными. В школе мы узнали, что кратчайшее расстояние между двумя точками — прямая. Но это не обязательно так; если свернуть лист бумаги так, чтобы точки соединились, то кратчайшим расстоянием между ними как раз и станет кротовая нора.

Как говорит физик Мэтт Виссер из Вашингтонского университета, «сообщество релятивистов задумалось о том, что нужно сделать, чтобы вывести двигатель деформации пространства или кротовые норы из категории научной фантастики».

А сэр Мартин Рис, королевский астроном Великобритании, говорит даже так: «Кротовые норы, дополнительные измерения и квантовые компьютеры открывают путь для множества гипотетических сценариев, которые когда-нибудь, возможно, превратят всю нашу Вселенную в "живой космос"».

Двигатель Алькубьерре и отрицательная энергия

Наилучший пример растягивания пространства — двигатель Алькубьерре, предложенный в 1994 г. физиком Мигелем Алькубьерре с использованием теории тяготения Эйнштейна. По сути, это именно тот двигатель, какой фигурирует в сериале «Звездный путь». Пилот подобного звездолета находится в пузыре (защищающем его и сам звездолет от деформации пространства); внутри пузыря все выглядит обычно, даже когда звездолет преодолевает световой барьер. Более того, пилоту кажется, что ничего не происходит. На самом же деле вне пузыря пространство-время претерпевает сильные искажения; пространство перед пузырем сжимается. Внутри пузыря время не растягивается и продолжает идти нормально.



Алькубьерре признает, что при разработке проекта двигателя «Звездный путь» сыграл немалую роль. «Герои сериала постоянно говорят о деформационном двигателе, о концепции искусственного искажения пространства, — говорит он. — Теория того, как можно и как нельзя искажать пространство, у нас уже была, это общая теория относительности. Я подумал, что должен быть какой-то способ посмотреть при помощи этих концепций, как должен в действительности работать деформационный двигатель». Вероятно, это первый случай, когда телешоу вдохновило ученого и помогло найти решение одного из эйнштейновых уравнений.

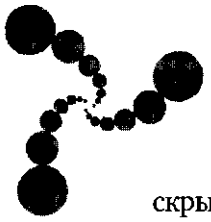
Алькубьерре считает, что путешествие на предлагаемом им звездолете будет похоже на полет на «Тысячелетнем соколе» в «Звездных войнах». «Мне кажется, что экипаж, вероятно, должен увидеть что-то похожее. Звезды впереди корабля превратятся в длинные линии, штрихи. Позади не будет видно вообще ничего — только чернота, потому что свет звезд не сможет двигаться достаточно быстро, чтобы догнать звездолет», — говорит ученый.

Ключевым моментом в двигателе Алькубьерре является энергия, при помощи которой звездолет разгоняется до сверхсветовых скоростей. Обычно физики говорят о корабле, обладающем для начала некоторым положительным количеством энергии; эта энергия тратится на разгон корабля, который всегда движется медленнее света. Чтобы выйти за рамки этих условий и двигаться быстрее света, придется поменять топливо. Обычный расчет показывает, что нам потребуется «отрицательная масса» или «отрицательная энергия» — самые экзотические, вероятно, объекты во Вселенной, если они вообще существуют. Раньше физики отбрасывали любые разговоры об отрицательной энергии и отрицательной массе как откровенно фантастические. Но теперь стало ясно, что, во-первых, в путешествиях со сверхсветовыми скоростями без них никак не обойтись, а во-вторых, они вполне могут существовать в действительности.

Ученые ищут отрицательное вещество в природе, но пока безуспешно. (Антивещество и отрицательное вещество — совершенно разные вещи. Первое определенно существует и обладает положительной энергией, но противоположным зарядом. Существование отрицательного вещества до сих пор не доказано.) Отрицательное вещество должно обладать очень необычными свойствами; к примеру, оно должно быть легче пустоты. Более того, оно должно летать. Если отрицательное вещество существовало в начале времен, то при рождении Вселенной оно должно было уйти в глубины пространства. В отличие от метеоритов, которые при случае обрушиваются на планеты под действием сил притяжения, отрицательное вещество должно убегать от планет. Его должны отталкивать, а не притягивать любые крупные тела, такие как звезды или планеты. Поэтому, хотя отрицательное вещество вполне может существовать в действительности, обнаружить его можно, скорее всего, только в глубоком космосе — и уж точно не на Земле.

В одном из проектов поиска отрицательного вещества в открытом космосе предлагается воспользоваться явлением, известным как линза Эйнштейна. Когда свет проходит мимо звезды или галактики, его траектория искажается под действием гравитационных сил в соответствии с общей теорией относительности. В 1912 г. Эйнштейн (даже не закончив еще работу над общей теорией относительности) предсказал, что галактика может работать как линза телескопа. Свет отдаленного объекта, огибая близлежащую галактику, как если бы это была линза, собирается за ней в пучок и образует характерную интерференционную картину из концентрических окружностей. В таком виде он доходит и до Земли. В настоящее время подобные явления называют кольцами Эйнштейна.

Первая линза Эйнштейна была обнаружена астрономами в космосе в 1979 г. С тех пор подобные объекты успели стать для астрономов незаменимым инструментом. Вот лишь один пример. Когда-то считалось, что невозможно обнаружить в космосе



скрытую массу. (Скрытая масса, известная также как темная материя, — загадочная невидимая, но вполне массивная субстанция. Она окружает галактики и, возможно, во Вселенной ее раз в десять больше, чем обычной видимой материи.) Но ученые NASA сумели составить карты распределения в пространстве скрытой массы, так как она отклоняет свет при прохождении через нее точно так же, как стекло искривляет свет.

Итак, теоретически линзы Эйнштейна должны помочь ученым в поисках отрицательного вещества и кротовых нор. Они должны определенным образом искажать траекторию света — и космический телескоп имени Хаббла должен быть в состоянии зарегистрировать такие искажения. До сих пор не удалось обнаружить ни отрицательного вещества, ни кротовых нор, но поиски продолжаются. И если в один прекрасный день детекторы космического телескопа зафиксируют в одной из эйнштейновых линз присутствие отрицательного вещества или кротовой норы, весь мир физики почувствует на себе поразительные последствия этого открытия.

Отрицательная энергия отличается от отрицательного вещества тем, что достоверно существует, хотя и в крошечных количествах. В 1933 г. Хендрик Казимир, опираясь на законы квантовой теории, сделал очень необычное предсказание. Он утверждал, что две незаряженные параллельные металлические пластины будут притягиваться друг к другу как по волшебству. Обычно параллельные пластины никак не влияют друг на друга, поскольку не обладают суммарным зарядом. Но вакуум между двумя такими пластинами на самом деле не пуст; он полон «виртуальных частиц», возникающих и тут же исчезающих снова.

На мгновение из пустоты возникают пары электрон-позитрон — и тут же аннигилируют, снова растворяясь в вакууме. Как ни странно, пустота, которую когда-то считали лишенной чего бы то ни было, на самом деле наполнена квантовыми событиями. Здравый смысл подсказывает, что крохотные вспле-

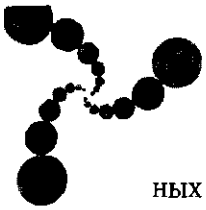
ски с одновременным образованием вещества и антивещества нарушают закон сохранения энергии. Но, согласно принципу неопределенности, эти всплески невероятно кратковременны, и в среднем энергия по-прежнему сохраняется.

Казимир обнаружил, что множество виртуальных частиц создает в вакууме ненулевое суммарное давление. Пространство между двумя параллельными пластинами ограниченно, поэтому и давление виртуальных частиц там невелико. А вот снаружи пластин места много и им ничто не мешает «развернуться» как следует, поэтому и давление там выше; в сумме же возникает сила, которая толкает пластины друг к другу.

В обычных обстоятельствах — когда пластины находятся в покое и разделены значительным расстоянием — наблюдается состояние с нулевой энергией. Но если сблизить пластины, они начнут притягиваться и из них можно извлечь некоторое количество энергии. После этого, поскольку у пластин отняли кинетическую энергию, их собственная энергия становится меньше, чем ноль, т. е. отрицательной.

Отрицательную энергию впервые удалось измерить в лаборатории в 1948 г., и результат полностью подтвердил предсказание Казимира. Теперь отрицательная энергия и эффект Казимира рассматривались уже не как научная фантастика, а как установленный факт. Проблема, однако, состоит в том, что эффект Казимира очень слаб; чтобы обнаружить эту энергию в лаборатории, необходимо пользоваться точнейшим и новейшим измерительным оборудованием. (В целом энергия Казимира обратно пропорциональна четвертой степени расстояния между пластинами. Это означает, что чем меньше это расстояние, тем больше энергия.) Точно эффект Казимира измерил в 1996 г. Стивен Ламоро из Лос-Аламосской национальной лаборатории; сила притяжения у него получилась в 30 000 раз меньше веса муравья.

С момента публикации теории Алькубьерре физики успели обнаружить у предложенного им звездолета немало стран-



ных свойств. К примеру, люди внутри корабля причинно изолированы от внешнего мира. Это означает, что невозможно просто нажать кнопку и полететь быстрее света. Вы не сможете поддерживать связь с внешним миром за пределами защитного пузыря. Должен существовать заранее проложенный «маршрут» через пространство и время, и тогда по нему корабли могут следовать один за другим, как поезда по расписанию. В этом смысле звездолет по Алькубьерре не будет обычным звездолетом и не сможет произвольно менять направление движения и скорость. Этот звездолет будет подобен вагону, который движется на заранее созданной «волне» сжатого пространства по заранее созданному коридору искаженного пространства-времени. Алькубьерре рассуждает так: «Нам потребуется серия генераторов экзотического вещества, расставленных вдоль трассы движения, как вдоль шоссе; эти генераторы будут синхронно управлять пространством так, как нужно».

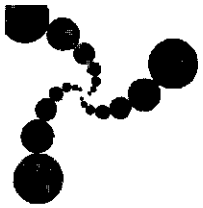
Нельзя исключить, что в будущем будут обнаружены еще более странные и причудливые решения уравнений Эйнштейна. Сами уравнения говорят о том, что если дано определенное количество массы или энергии, то можно рассчитать искажение пространства-времени, которое вызовет эта масса или энергия (точно так же, бросив камень в воду, вы можете рассчитать круги, которые пойдут от него). Но эти уравнения можно применить и в обратном направлении. Можно начать с заданного состояния пространства-времени, каким бы странным оно ни казалось. В качестве примера можно привести причудливые миры сериала «Сумеречная зона». (В тех вселенных можно, к примеру, открыть дверь и оказаться на луне. Можно обежать вокруг дерева и оказаться в прошлом, а затем обнаружить к тому же, что сердце бьется с правой стороны.) Затем следует рассчитать распределение вещества и энергии, связанное с этим конкретным состоянием. (Точно так же, если задано странное распределение волн на поверхности воды, то можно произвести обратный расчет и определить, сколько, где и каких камней было брошено в пруд.)

Примерно таким образом, кстати говоря, Алькубьерре вывел свои уравнения. Он начал с пространства-времени, в котором допустимо движение со сверхсветовой скоростью, а затем провел обратный расчет и вычислил энергию, необходимую для получения такого пространства-времени.

Кротовые норы и черные дыры

Второй после растягивания пространства способ преодолеть световой барьер — это разорвать, или проколоть, пространство, т. е. пройти через кротовые норы, туннели, которые соединяют две вселенные. В литературе первое упоминание о кротовых норах принадлежит перу оксфордского математика Чарльза Доджсона, написавшего под псевдонимом Льюис Кэрролл сказку «Алиса в Зазеркалье». Зеркало Алисы и есть кротовая нора, которая соединила окрестности Оксфорда с волшебным миром Страны чудес. Протянув руку сквозь зеркало, Алиса может мгновенно перенестись из одной вселенной в другую. У математиков они называются «многократно связанными пространствами».

В физике концепция кротовых нор возникла в 1916 г. — всего через год после того, как Эйнштейн опубликовал свой великий труд — общую теорию относительности. Физик Карл Шварцшильд, служивший тогда в кайзеровской армии, нашел точное решение уравнений Эйнштейна для случая изолированной точечной звезды. Вдалеке от звезды ее гравитационное поле очень похоже на поле обычной звезды; Эйнштейн даже воспользовался решением Шварцшильда при вычислении отклонения траектории света около звезды. Результат Шварцшильда произвел немедленное и очень сильное действие на все разделы астрономии, и сегодня он по-прежнему остается одним из самых известных решений уравнений Эйнштейна. Несколько поколений физиков использовали гравитационное поле этой гипотетической точечной звезды в качестве приближенного выражения для поля вокруг реальной звезды с конечным диаметром.



Но если рассмотреть это точечное решение серьезно, то в центре его неожиданно обнаружится чудовищный точечный объект, который почти столетие изумлял и шокировал физиков, — черная дыра. Решение Шварцшильда для поля тяготения точечной звезды чем-то напоминает троянского коня. Снаружи оно выглядит как дар небес, а внутри скрывает всевозможных демонов и духов. Но если вы принимаете одно, то вынуждены принять и другое. Из решения Шварцшильда явствовало, что при приближении к пресловутой точечной звезде происходят странные вещи. Сама звезда окружена невидимой сферой (известной как «горизонт событий»), которая является своеобразной чертой невозврата. Все может проникнуть внутрь ее, но ничто не может выйти обратно. Однажды пройдя горизонт событий, вы уже не сможете вернуться назад. (Если вы находитесь внутри горизонта событий, вам, чтобы вновь оказаться снаружи, потребуется двигаться быстрее света, а это невозможно.)

При приближении к горизонту событий на атомы вашего тела начнут действовать приливные силы, растягивая их. Ваши ноги будут ощущать гораздо бóльшую силу тяжести, чем ваша голова, поэтому вас сначала растянет до состояния спагетти, а затем просто разорвет. Точно так же произойдет с атомами вашего тела — они будут растянуты гравитацией, а затем разорваны.

Для внешнего наблюдателя ваше приближение к горизонту событий будет выглядеть так, как будто вы замедляетесь во времени. Более того, когда вы прикоснетесь к горизонту событий, наблюдателю покажется, что время остановилось!

Этого мало. Провалившись под горизонт событий, вы увидите свет, запертый внутри этой сферы и блуждающий внутри черной дыры миллиарды лет. Вы как будто увидите фильм, запечатлевший всю историю черной дыры, с самого момента ее рождения.

Наконец, если бы вам удалось пролететь черную дыру насквозь, там, с другой стороны, обнаружится иная вселенная. Это явление, впервые описанное Эйнштейном в 1935 г., носит

название моста Эйнштейна–Розена; сейчас его называют еще кротовой норой.

Эйнштейн и другие физики были уверены, что ни одна звезда не сможет естественным образом превратиться в столь чудовищный объект. В 1939 г. Эйнштейн даже опубликовал статью, в которой показал, что вращающаяся газопылевая масса никогда не сконденсируется в подобную черную дыру. Поэтому, несмотря на притаившуюся в центре черной дыры кротовую нору, он был уверен, что ничто подобное в природе возникнуть не может. Астрофизик Артур Эддингтон как-то сказал, что «должен существовать закон природы, не позволяющий звездам вести себя столь нелепым образом». Другими словами, черная дыра, конечно, законное решение уравнений Эйнштейна, но механизм, посредством которого такая штука могла бы сформироваться естественным путем, неизвестен.

Ситуация кардинально изменилась с выходом в том же году статьи Роберта Оппенгеймера и его ученика Хартланда Снайдера; в этой работе ученые показали, что черные дыры все же могут формироваться естественным путем. Они предположили, что умирающая звезда, которая практически полностью истратила свое ядерное топливо, коллапсирует под действием гравитационных сил, т. е. схлопывается под собственной тяжестью. Если гравитация сможет сжать звезду до размеров, меньших, чем радиус горизонта событий, то дальше уже ничто на свете не сможет помешать ей сжать звезду в точку и превратить в черную дыру. (Вполне возможно, что рассмотренный здесь механизм коллапса подсказал Оппенгеймеру идеи, которые он через несколько лет использовал при создании бомбы для Нагасаки, при детонации которой используется взрывное обжатие плутониевого шара.)

Следующий прорыв имел место в 1963 г., когда новозеландский математик Рой Керр исследовал, возможно, самый реалистичный образчик черной дыры. Сжимаясь, объекты ускоряют свое вращение — примерно так же, как фигуристы

начинают вращаться быстрее, когда прижимают руки к телу. Можно сделать вывод, что черные дыры должны вращаться с фантастическими скоростями.

Керр обнаружил, что вращающаяся черная дыра не схлопнется в точечную звезду, как предполагал Шварцшильд, а сожмется и образует вращающееся кольцо. Любой, кому не повезет и кто наткнется на это кольцо, погибнет; но тот, кто угодит в отверстие кольца, не умрет, а пройдет его насквозь. И окажется при этом не по другую сторону все того же кольца, а в другой вселенной, потому что, попав в кольцо, он пройдет по мосту Эйнштейна–Розена. Другими словами, вращающаяся черная дыра — это обод зеркала, сквозь которое проходила сказочная Алиса.

Если этот человек затем обогнет кольцо и пройдет через него еще раз, он окажется в следующей вселенной. Вообще, каждое последовательное прохождение через вращающееся кольцо приведет путешественника в очередную параллельную вселенную — примерно как нажатие кнопки «вверх» в лифте. В принципе может существовать бесконечное число вселенных, одна над другой. «Пройди сквозь это волшебное кольцо и — опа! — ты уже совершенно в другой вселенной, где радиус и масса отрицательны!» — писал Керр.

Но здесь есть очень важная ловушка. Черная дыра — хороший образец «необратимой кротовой норы»; а значит, через горизонт событий можно пройти только в одном направлении. Стоит миновать горизонт событий и кольцо Керра — и вы уже не сможете вернуться назад тем же путем.

Но в 1988 г. Кип Торн и его коллеги по Калифорнийскому технологическому рассчитали обратимую кротовую нору, т. е. такую, через которую можно свободно проходить в обоих направлениях, туда и обратно. Для одного из их решений путешествие через кротовую нору не опаснее полета на самолете!

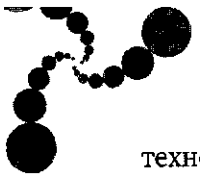
В обычных условиях сила тяжести стремится раздавить и раздавит «трубку» кротовой норы, погубив при этом астро-

навтов, которые попытаются в этот момент достичь другого ее конца. Этого достаточно, чтобы сделать мгновенное перемещение через кротовые норы невозможным. Но можно предположить, что сила отталкивания, присущая отрицательной энергии или отрицательному веществу, сможет удержать трубку открытой на достаточный промежуток времени, чтобы астронавты успели миновать опасную зону. Другими словами, отрицательное вещество или отрицательная энергия совершенно необходимы и для двигателя Алькубьерре, и для схемы с использованием кротовых нор.

За последние несколько лет было обнаружено поразительное число точных решений уравнений Эйнштейна, допускающих существование кротовых нор. Но существуют ли они на самом деле? Или, может быть, это просто математическая фантазия? Кроме того, с кротовыми норами связано несколько серьезных проблем.

Во-первых, для создания сильных искажений пространства-времени, необходимых для путешествия через кротовые норы, потребуется неслыханное количество положительного и отрицательного вещества — порядка громадной звезды или черной дыры. По оценке Мэтью Виссера, физика из Вашингтонского университета, для создания кротовой норы диаметром 1 м необходимо столько отрицательной энергии, что ее количество можно сравнить с массой Юпитера — и при этом она должна быть отрицательной! Виссер говорит: «Для этой работы потребуется примерно минус одна масса Юпитера. А управлять даже положительной энергией, сравнимой с массой Юпитера, мягко говоря, непросто и выходит далеко за рамки наших возможностей в представимом будущем».

Кип Торн из Калифорнийского технологического института рассуждает так: «Похоже, что законы физики действительно разрешают существование экзотического вещества в количестве, достаточном для удержания в стабильном состоянии кротовой норы размером с человека. Но тут же выясняется, что



технология строительства кротовых нор и удержания их в открытом состоянии для нас непредставима и находится далеко за пределами возможностей человеческой цивилизации».

Во-вторых, мы не знаем, насколько стабильными окажутся эти кротовые норы. Кроме того, излучение, которое будет в них генерироваться, может оказаться убийственным для любого, кто проникнет внутрь. А может быть, кротовые норы вообще будут нестабильны и станут схлопываться, стоит кому-нибудь или чему-нибудь попасть внутрь.

В-третьих, лучи света при проникновении в черную дыру будут испытывать синее смещение; это означает, что, подходя к горизонту событий, они будут приобретать все бóльшую и бóльшую энергию. Более того, на самом горизонте событий свет теоретически должен испытывать бесконечное голубое смещение и обладать бесконечной энергией, поэтому входящее излучение в черной дыре может оказаться смертельным для экипажа корабля.

Давайте обсудим эти проблемы немного подробнее. Первая проблема — накопить и собрать в одной точке достаточно энергии, чтобы разорвать ткань пространства-времени. Простейший способ добиться этого — сжать объект так, чтобы он стал меньше собственного горизонта событий. К примеру, для Солнца это означало бы сжать его до диаметра примерно в 3 км, после чего Солнце уже само коллапсирует и превратится в черную дыру. (Собственное тяготение Солнца слишком слабо, чтобы естественным путем сжать его до такого диаметра, поэтому наше светило никогда не станет черной дырой. В принципе это означает, что любое тело, даже ваше, способно превратиться в черную дыру, если его как следует сжать. Для человеческого тела это означало бы сжать все его атомы до размера, меньшего, чем субатомные расстояния, — эта операция лежит далеко за пределами возможностей современной науки.)

Чуть более практичный подход — взять батарею лазеров, собрать лучи и направить полученный мощный луч в опреде-

ленную точку. Или построить гигантский ускоритель, разогнать в нем два пучка, которые затем столкнутся с выделением фантастического количества энергии, достаточного для создания крошечного разрыва пространства-времени.

Планковская энергия и ускорители частиц

Можно заранее рассчитать энергию, необходимую для создания нестабильности пространства-времени: по порядку величины она соответствует планковской энергии, составляющей 1019 МэВ. Это поистине невообразимо большая величина; она в квадриллион раз превосходит величины энергий, достижимых на самом мощном современном ускорителе — Большом адронном коллайдере (БАК, LHC), построенном в Швейцарии возле Женевы. Этот коллайдер способен разгонять в большом «бублике» протоны до энергий в триллионы электронвольт, которых не бывало с момента Большого взрыва. Но даже этой чудовищной машине далеко до создания частиц с энергиями, которые хотя бы отдаленно приближались к планковской энергии.

Следующим после Большого адронного коллайдера ускорителем станет Международный линейный коллайдер (МЛК, ILC). Вместо того чтобы гонять элементарные частицы по кругу, линейный коллайдер будет выстреливать и разгонять их на прямой, пока они не достигнут невообразимо высоких энергий. После этого поток электронов предполагается столкнуть с позитронами, создавая таким образом громадный выброс энергии. Длина МЛК составит 30–40 км и в десять раз превзойдет длину Стэнфордского линейного ускорителя, который на данный момент является крупнейшим в мире. Если все пойдет хорошо, МЛК будет сооружен где-нибудь в следующем десятилетии.

Предполагается, что МЛК будет выдавать энергии от 0,5 до 1,0 ТэВ. Это меньше, чем 14 ТэВ, которые можно получить на БАК, но такое впечатление обманчиво. В БАК сталкиваются протоны, а значит, реально в столкновении участвуют кварки,

из которых состоит протон. В каждом индивидуальном столкновении кварков задействовано значительно меньше 14 ТэВ. Поэтому на МЛК можно будет получить большие энергии столкновения, нежели на БАК. Кроме того, поскольку у электрона нет известных составных частей, динамика столкновения между электроном и позитроном значительно проще и «чище».

Честно говоря, и МЛК будет очень далеко до энергий того уровня, который необходим, чтобы проделать дыру в пространстве-времени. Для этого потребовался бы в квадриллион раз более мощный ускоритель. Для нашей цивилизации — цивилизации нулевого типа, использующей в качестве топлива остатки растений (т. е. нефть и уголь), — эта технология совершенно недостижима. Но цивилизация III типа, возможно, сумеет овладеть ею.

Вспомним, что цивилизация III типа является галактической по использованию энергии и потребляет ее в 10 млрд раз больше, чем цивилизация II типа, источником энергии которой служит одна-единственная звезда. А цивилизация II типа, в свою очередь, потребляет в 10 млрд раз больше энергии, чем цивилизация I типа, использующая лишь энергию собственной планеты. А ведь уже через 100–200 лет наша слабенькая цивилизация должна достигнуть статуса цивилизации I типа.

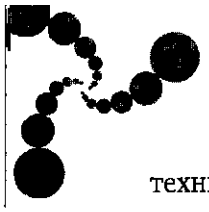
Имея в виду наши перспективы, следует сделать вывод, что в настоящий момент мы находимся в самом начале длинного-длинного пути к получению планковской энергии. Многие физики считают, что на чрезвычайно малых расстояниях — порядка планковской длины, которая составляет 10^{-33} см, — пространство не пусто и не однородно, но «пенится»; оно наполнено крошечными пузырьками, которые постоянно возникают и сталкиваются с другими такими же пузырьками, а затем снова пропадают в вакууме. Пузырьки, которые возникают и пропадают в вакууме, — это «виртуальные вселенные»; они очень напоминают пары виртуальных частиц — электронов и позитронов, которые возникают и тут же аннигилируют.

В обычных обстоятельствах эта квантовая пространственно-временная «пена» совершенно незаметна нам. Пузырьки формируются на таких крошечных расстояниях, что мы не в состоянии их увидеть. Но квантовая физика считает, что если сконцентрировать в одной точке достаточно энергии, вплоть до планковской энергии, то эти пузырьки могут увеличиться. Тогда мы увидим, как пространство-время пенится крошечными пузырьками, и каждый такой пузырек — кротовая нора, соединяющая наш мир с готовой родиться дочерней вселенной.

В прошлом дочерние вселенные считались интеллектуальной забавой, причудливым следствием чистой математики. Но теперь физики всерьез считают, что когда-то наша Вселенная, вполне возможно, тоже начинала как одна из них.

Такой вывод основан на чистых и пока довольно произвольных рассуждениях, но законы физики позволяют открыть дыру в пространстве путем концентрации в одной точке достаточного количества энергии; энергия позволяет нам добраться до пространственно-временной пены, из которой возникают кротовые норы, соединяющие нашу вселенную с другой, дочерней вселенной.

Создание дыры в пространстве потребует, разумеется, технологии совершенно иного уровня, чем наша, но в то же время цивилизации III типа этот уровень вполне может оказаться доступен. К примеру, имеется такая штука под названием «настольный струйный плазменный ускоритель»; в последнее время в этом направлении получены многообещающие результаты. Несмотря на крошечные размеры — а этот ускоритель действительно может поместиться на столе, — прибор способен генерировать энергии в миллиарды электронвольт. Принцип работы струйного ускорителя состоит в том, что лазерный луч направляют на заряженные частицы, которые затем разгоняются за счет энергии лазера. Эксперименты, проведенные в научном центре Стэнфордского линейного ускорителя, в Лаборатории Резерфорда–Эпплтона в Англии и в парижской Поли-



технической школе показывают, что использование лазерного луча и плазмы в качестве источника энергии позволяет разгонять частицы на достаточно небольшом расстоянии до чрезвычайно высоких энергий.

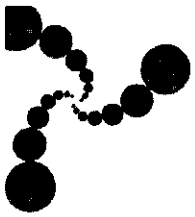
Еще одно чрезвычайно важное открытие было сделано в 2007 г. Физики и инженеры научного центра Стэнфордского линейного ускорителя, Университета Калифорнии в Лос-Анджелесе и Университета Южной Калифорнии продемонстрировали, что энергию громадного ускорителя частиц можно удвоить на протяжении всего 1 м. Они начали с пучка электронов, который разгоняется в двухмильной трубе Стэнфордского ускорителя до энергии в 42 МэВ. Затем эти электроны, и без того обладающие высокой энергией, пропускают через плазменную «форсажную камеру» длиной всего лишь 88 см; в ней электроны набирают еще по 42 ГэВ, удваивая таким образом свою энергию. (Эта плазменная камера заполнена газообразным литием. Электроны, проходя через газ, порождают плазменную волну и, как следствие этого, попутную струю. Этот поток, в свою очередь, как бы подхватывает следующие электроны пучка и толкает их вперед, придавая дополнительное ускорение.) Это поразительное достижение — ведь физикам удалось в 3000 раз превзойти предыдущий рекорд по количеству энергии, которое можно передать электронному пучку за 1 м. Если добавить такие плазменные «дожигатели» к уже существующим ускорителям, можно в принципе почти даром удваивать энергию получаемых частиц.

На сегодняшний день мировой рекорд для настольного струйного ускорителя составляет 200 ГэВ/м. Увеличение длины такого ускорителя пока представляется проблематичным — слишком много возникает проблем (таких, как поддержание стабильности пучка при разгоне его лазерным лучом). Но если предположить, что мы научимся все же произвольно увеличивать длину такого ускорителя с сохранением уровня энергии 200 ГэВ/м, то в этом случае длина ускорителя, способного

разогнать частицы до планковской энергии, должна будет составить десять световых лет. Это вполне по силам цивилизации III типа.

По всей видимости, кротовые норы и растянутое пространство — самые реальные способы преодолеть световой барьер. Пока неясно, стабильны ли эти технологии; но даже если они стабильны, нам потребовалось бы сказочное количество энергии — положительной или отрицательной, — чтобы заставить их реально работать.

Может быть, уже сейчас какая-нибудь цивилизация III типа обладает подобными технологиями. Но пройдут, возможно, тысячи лет, прежде чем человечество сможет хотя бы всерьез задуматься о том, чтобы обуздать подобную мощь. Кроме того, еще разрешены не все противоречия в отношении законов, которыми управляется пространство-время на квантовом уровне. Учитывая все вышесказанное, я отнес бы преодоление светового барьера ко II классу невозможности.



12. ПУТЕШЕСТВИЯ ВО ВРЕМЕНИ

Если путешествия во времени возможны, то где же туристы из будущего?

Стивен Хокинг

– [Путешествия во времени] противоречат здравому смыслу, – произнес Филби.
– Какому смыслу? – переспросил путешественник во времени.

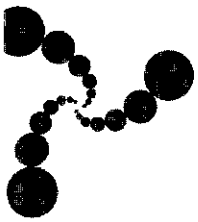
Герберт Уэллс

В романе «Уравнение Януса» писатель Стивен Спрюлл исследует одну из душераздирающих личностных проблем, связанных с путешествиями во времени. В центре сюжета книги блестящий математик, поставивший себе целью разгадать тайну путешествий во времени. Он встречает необычную красавицу, они становятся любовниками, — но при этом он ничего не знает о ее прошлом. Мучимый любопытством, он пытается узнать, кто же такая его таинственная возлюбленная. Постепенно выясняется, что когда-то она изменила свою внешность при помощи пластической операции. И изменила пол, также при помощи операции. В конце концов оказывается, что на самом деле «она» — путешественник во времени, прибывший из будущего; мало того, на самом деле «она» — это он сам, только из будущего. Получается, что он занимался любовью сам с собой. Остается только гадать, что произошло бы, появись у них ребенок? И если бы этот ребенок отправился назад, в прошлое, вырос бы там и стал математиком (тем самым, который фигурировал в начале истории)? Можно ли быть самому себе и матерью, и отцом, и сыном, и дочерью?

Как изменить прошлое

Время — одна из величайших загадок Вселенной. Река времени уносит нас всех без исключения, независимо от нашего желания и даже против воли. Еще в 400 г. н. э. Блаженный Августин много писал о парадоксальной природе времени: «А как могут быть эти два времени, прошлое и будущее, когда прошлого уже нет, а будущего еще нет? И если бы настоящее всегда оставалось настоящим и не уходило в прошлое, то это было бы уже не время, а вечность». Если продолжить логически мысль Августина, получится, что время вообще невозможно, потому что прошлое уже ушло, будущее не существует, а настоящее существует лишь мгновение. (После этих рассуждений Блаженный Августин задается глубокими теологическими вопросами о том, как время влияет на Бога, — вопросами, которые не потеряли смысл и сегодня. Если Господь всезнающ и всемогущ, писал Блаженный Августин, то связан ли Он течением времени? Другими словами, приходится ли Богу спешить, опаздывая на важную встречу, как делаем мы, смертные? Сам Августин делает такой вывод: Господь всемогущ и потому не может быть ограничен чем бы то ни было, в том числе и течением времени; следовательно, он должен существовать «вне времени». Хотя на первый взгляд концепция существования вне времени представляется абсурдной, это одна из тех идей, которые, как мы еще убедимся, снова и снова возникают в современной физике.)

Подобно Блаженному Августину, каждый из нас в какой-то момент задумывался о странной и загадочной природе времени и о том, как сильно время отличается от пространства. Если в пространстве мы можем без труда двигаться в любом направлении, то почему во времени все иначе? Каждый из нас задумывался и о том, что ждет человечество после нас. Век отдельного человека ограничен, но всем нам ужасно интересно все, что произойдет в будущем, после нас.



Желание человека путешествовать во времени родилось, вероятно, одновременно с самим человеком, но первая записанная история о путешествии во времени — «Мемуары о двадцатом столетии» — принадлежит перу Сэмьюела Мэддена и относится к 1733 г. В ней рассказывается об ангеле из 1997 г., который перенесся на 250 лет назад, чтобы передать британскому послу документы с описанием мира будущего.

Позже таких историй появилось множество. В 1838 г. вышло произведение анонимного автора «В ожидании дилижанса: анахронизм»; его герой, ожидая дилижанса, неожиданно переносится на тысячу лет в прошлое. Он встречает монаха древнего монастыря и пытается рассказать ему, как будет развиваться история в следующую тысячу лет. Через некоторое время он столь же неожиданно переносится обратно в настоящее; единственный результат — его дилижанс уже ушел.

Путешествия во времени можно обнаружить в самых неожиданных произведениях — как, например, в романе Чарльза Диккенса «Рождественская история», написанном в 1843 г.; героя романа, Эбенезера Скруджа, переносят в прошлое и будущее и показывают мир, каким он был прежде и каким будет после его смерти.

В американской литературе путешествия во времени впервые появляются у Марка Твена в романе 1889 г. «Янки из Коннектикута при дворе короля Артура». Янки XIX в. переносится назад во времени и оказывается при дворе короля Артура в 528 г. от Рождества Христова. Его берут в плен и собираются сжечь на костре, но находчивый янки объявляет, что обладает властью погасить солнце, ведь он знает, что в этот самый день должно состояться солнечное затмение. Когда луна закрывает собой солнце, толпа приходит в ужас; янки отпускают и осыпают милостями, лишь бы он вернул им солнечный свет.

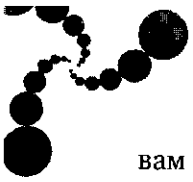
Но первой серьезной попыткой исследовать путешествия во времени в художественной литературе стал классический роман Герберта Уэллса «Машина времени»; в нем герой от-

правляется на сотни тысяч лет в будущее. Оказывается, в этом отдаленном будущем человечество генетически расколото на две расы — воинственных морлоков, которые ухаживают за мрачными подземными машинами, и беззаботных, похожих на детей элоев, которые радуются и танцуют наверху на солнечных полянах, не подозревая и не задумываясь об ожидающей их ужасной участи (быть съеденными морлоками).

После Уэллса путешествия во времени стали привычной деталью научно-фантастических произведений, от «Звездного пути» до «Назад в будущее». В фильме «Супермен» главный герой, узнав о гибели Лоис Лейн, в отчаянии решает повернуть назад стрелки времени; он начинает носиться вокруг Земли и обгоняет свет, пока само время не поворачивает назад. Земля замедляет вращение, останавливается и наконец начинает вращаться в обратную сторону — и все часы на Земле начинают обратный отсчет. Воды потопа с ревом устремляются обратно, прорванные дамбы чудесным образом восстанавливаются, и Лоис Лейн возвращается к жизни.

С точки зрения науки можно сказать, что путешествия во времени были решительно невозможны в ньютоновой вселенной, где время текло равномерно и прямолинейно. Однажды случившееся не могло измениться ни при каких обстоятельствах. Одна секунда на Земле равнялась одной секунде в любой другой точке Вселенной. Эйнштейн опроверг эту концепцию и показал, что время больше похоже на извилистую реку, которая пересекает Вселенную; петляя меж звезд и галактик, оно ускоряется и замедляется. Так что одна секунда на Земле вовсе не абсолютна; время в разных точках Вселенной течет по-разному.

Как я уже рассказывал, согласно специальной теории относительности Эйнштейна время в ракете замедляется, причем тем сильнее, чем быстрее она движется. Писатели-фантасты любят рассуждать о том, что, если удастся преодолеть световой барьер, то можно будет вернуться назад по времени. На самом деле это невозможно — ведь чтобы достичь скорости света,



вам придется обзавестись и бесконечной массой. Скорость света — непреодолимый барьер для любой ракеты. Экипаж «Энтерпрайза» в сериале «Звездный путь IV: Путешествие домой» похитил космический корабль клингонов, разогнал его гравитационным маневром вокруг местного солнца, преодолел световой барьер и оказался в Сан-Франциско 1960-х гг. На самом деле это противоречит законам физики.

Тем не менее путешествия в будущее возможны, и это экспериментально подтверждено уже миллионы раз. Даже путешествие героя «Машины времени» в далекое будущее в принципе возможно. Если астронавт будет двигаться с околосветовой скоростью, на дорогу до одной из ближайших звезд ему может потребоваться, скажем, одна минута. На Земле при этом пройдет четыре года, но для него лично время сдвинется всего лишь на одну минуту, потому что время в корабле сильно замедлится. Получится, что астронавт при этом переместится в будущее Земли на четыре года. (Вообще говоря, наши астронавты совершают короткое путешествие в будущее каждый раз, когда летают в космос. Пока они летают вокруг Земли со скоростью 8 км/с, их часы идут чуть медленнее, чем часы на Земле. Можно подсчитать, что за время годичной экспедиции на космической станции они к моменту возвращения на Землю перемещаются в будущее на долю секунды. Мировой рекорд в путешествиях во времени принадлежит в настоящее время российскому космонавту Сергею Авдееву, который за 748 суток, проведенных на орбите, переместился в будущее уже на 0,02 с.)

Итак, машина времени для путешествий в будущее не противоречит специальной теории относительности Эйнштейна. Но как обстоит дело с путешествиями в прошлое?

Если бы мы могли путешествовать в прошлое, изучать историю было бы невозможно. Стоило бы историку записать прошедшие события, как кто-нибудь мог вернуться в прошлое и изменить его. Машина времени не только лишила бы историков работы, но и позволила бы нам произвольно изменять

его течение. Если бы, к примеру, кто-нибудь отправился в прошлое, в эру динозавров, и случайно раздавил бы первое млекопитающее — нашего общего предка, — он мог бы стереть с лица Земли весь род человеческий. В лучшем случае история превратилась бы в бесконечный сумасшедший аттракцион, когда повсюду сновали бы туристы из будущего с фотоаппаратами и пытались получше заснять исторические события.

Путешествия во времени: игровая площадка для физиков

Пожалуй, можно сказать, что больше остальных отличился в математических джунглях черных дыр и машин времени космолог Стивен Хокинг. В отличие от других знатоков относительности, которые, как правило, еще в раннем возрасте проявляют себя в математической физике, Хокинг в юности не был выдающимся студентом. Было очевидно, что он чрезвычайно умен, но преподаватели часто замечали, что он не всегда сосредоточен на занятиях и не работает в полную силу. Поворотным для Хокинга стал 1962 г.; *после окончания Оксфорда молодой* физик впервые начал замечать у себя симптомы амиотрофического латерального склероза (ALS, или болезнь Лу Герига). Он был потрясен известием о том, что страдает неизлечимым нейродегенеративным заболеванием, которое лишит его всех двигательных функций и, скорее всего, быстро убьет. Можно представить себе, как расстроила молодого человека эта новость. Какой смысл получать степень доктора философии, если все равно скоро умрешь?

Но чуть позже, преодолев первый шок, Хокинг сосредоточился на работе — может быть, первый раз в жизни. Поняв, что времени у него немного, он предпринял яростную атаку на некоторые самые сложные проблемы общей теории относительности. В начале 1970-х гг. Хокинг опубликовал знаковую серию научных работ и в них показал, что сингулярности в теории

Эйнштейна (точки, где гравитационное поле становится бесконечным, как, например, происходит в центре черной дыры или происходило в момент Большого взрыва) являются существенной частью релятивистской картины мира и не могут быть просто так сброшены со счетов (как полагал сам Эйнштейн). В 1974 г. Хокинг также доказал, что черные дыры, вообще говоря, не совсем черные; они потихоньку излучают то, что сейчас называют излучением Хокинга, потому что излучение способно просочиться даже через гравитационное поле черной дыры. Эта работа стала первой серьезной попыткой применить квантовую теорию к теории относительности, и это самая известная работа Хокинга.

Как и предсказывали врачи, ALS постепенно вызвал у Хокинга паралич рук, ног и даже голосовых связок, но все происходило гораздо медленнее, чем они думали первоначально. В результате он пережил уже многих нормальных людей, стал отцом троих детей (а теперь уже и дедом), в 1991 г. развелся со своей первой женой, через четыре года женился на жене человека, который сконструировал для него голосовой синтезатор, а в 2006 г. подал на развод и с этой женой. В 2007 г. Стивен снова попал на первые полосы газет — он стал пассажиром специального реактивного самолета и побывал в невесомости, исполнив таким образом давнюю мечту. Его следующая цель — побывать в космосе.

Сегодня Хокинг почти полностью парализован, передвигается в инвалидном кресле и общается с внешним миром посредством движения глаз. Но даже в таком бедственном состоянии он умудряется шутить, пишет научные работы, читает лекции и участвует в дискуссиях. Одними глазами он выдает больше научных результатов, чем целые команды ученых, вполне владеющих своими телами. (Его коллега по Кембриджскому университету сэр Мартин Рис, которого королева назначила Королевским астрономом, как-то признался мне, что болезнь не позволяет Хокингу заниматься скучными математическими

расчетами, необходимыми в большой науке. Поэтому вместо этого он сосредоточивается на генерации новых свежих идей, а расчетами могут заниматься и его студенты.)

В 1990 г. Хокинг ознакомился с работами коллег, в которых предлагались всевозможные версии машины времени, и отнесся к ним очень критически. Интуиция подсказывала ему, что путешествия во времени невозможны, — иначе почему мы не встречаем у себя туристов из будущего? Если бы съездить куда-нибудь в прошлое было бы так же просто, как устроить воскресный пикник в парке, мы каждый день встречали бы на улицах гостей из будущего, а они приставали бы к нам с просьбами сфотографироваться с ними для семейного альбома.

И Хокинг бросил миру физики вызов. Он заявил: должен существовать закон, запрещающий путешествия во времени. Иначе говоря, он предложил «гипотезу о защите хронологии», которая исключила бы путешествия во времени на основании законов природы и «сохранила историю для историков».

Но произошло неожиданное. Как они ни старались, физики не могли отыскать закон, который прямо запрещал бы путешествия во времени. По всей видимости, они ни в чем не противоречат известным законам природы. Сам Хокинг, также не в состоянии выявить запрет, не так давно изменил свое мнение. Он снова попал в заголовки газет, заявив: «Если путешествия во времени и возможны, то они неосуществимы».

Да, если прежде путешествия во времени рассматривались в лучшем случае как околонаучная тема, то теперь они внезапно превратились в любимую игрушку физиков-теоретиков. Физик Кип Торн из Калифорнийского технологического института пишет: «Когда-то путешествия во времени были исключительной прерогативой писателей-фантастов. Серьезные ученые избегали их как чумы — даже когда писали под псевдонимом романы или тайком читали их. Как изменились времена! Теперь в серьезных научных журналах можно обнаружить ученый анализ путешествий во времени, принадлежащий перу выдающихся

физиков-теоретиков... Откуда такая перемена? Просто мы, физики, поняли, что природа времени — слишком важная тема, чтобы отдавать ее на откуп писателям-фантастам».

Причина всей этой суеты и путаницы в том, что уравнения Эйнштейна допускают существование множества разных типов машины времени. (Правда, пока неясно, устоят ли они перед проверкой при помощи квантовой теории.) Более того, в теории Эйнштейна мы часто встречаем нечто под названием «замкнутая времяподобная кривая»; это технический термин для путей, которые позволяют путешествия в прошлое. Если следовать вдоль замкнутой времяподобной кривой, то можно вернуться из путешествия раньше, чем мы в него отправились.

Первый тип машины времени предусматривает использование кротовых нор. Уравнения Эйнштейна имеют немало решений, соединяющих две удаленные точки пространства. Но поскольку время и пространство в теории Эйнштейна тесно переплетены, эта же кротовая нора может и соединять две точки во времени. Упав в кротовую нору, можно переместиться (по крайней мере, математически) в прошлое. Вроде бы после этого можно вновь переместиться в первоначальную точку и встретить там самого себя перед стартом. Но, как мы уже упоминали в предыдущей главе, кротовая нора в центре черной дыры — это дорога в один конец. «Не думаю, что вопрос в том, может ли человек, находясь в черной дыре, попасть в прошлое, — говорит физик Ричард Готт. — Вопрос в том, сможет ли он выбраться оттуда, чтобы похвастаться».

Другая машина времени может «работать» во вращающейся Вселенной. В 1949 г. знаменитый математик Курт Гёдель нашел первое решение уравнений Эйнштейна, имеющее отношение к путешествиям во времени. Если Вселенная вращается, то, обогнув ее достаточно быстро, можно оказаться в прошлом и попасть в точку старта раньше, чем вы оттуда отправились. Получается, что путешествие вокруг Вселенной одновременно является путешествием назад во времени. Когда в Институте

перспективных исследований появлялись астрономы, Гёдель часто спрашивал, имеются ли у них доказательства того, что Вселенная вращается. К его разочарованию, те отвечали, что Вселенная точно расширяется, но вот суммарный спин Вселенной, вероятно, равен нулю. (В противном случае путешествия во времени, возможно, стали бы привычными, а история в том виде, в каком мы ее знаем, перестала бы существовать.)

Третий вариант: если вы будете двигаться вокруг бесконечно длинного вращающегося цилиндра, вы тоже, возможно, вернетесь раньше, чем отправились в путь. (Это решение Виллем ван Стокум нашел в 1936 г., раньше Гёделя, но автор, по-видимому, не подозревал, что его решение позволяет путешествовать во времени.) Здесь получается, что если как следует поплясать вокруг шеста с лентами на майском празднике, то можно ненароком оказаться в предыдущем апреле. (Проблема, однако, заключается в том, что цилиндр должен быть бесконечным и вращаться так быстро, что большинство материалов не выдержит и разлетится на кусочки.)

Последний на данный момент вариант путешествий во времени обнаружил в 1991 г. Ричард Готт из Принстона. Его решение основывается на обнаружении в пространстве гигантских космических струн (возможно, оставшихся со времен Большого взрыва). Допустим, предположил он, что две такие космические струны собираются столкнуться. Так вот, если быстро обогнуть эти струны в момент столкновения, попадешь в прошлое. Достоинством этого типа машины времени является то, что вам не потребуются бесконечные вращающиеся цилиндры, вращающаяся Вселенная или даже черные дыры. Проблема, однако, состоит в том, что вам придется сначала отыскать в пространстве эти самые громадные космические струны, а потом заставить их столкнуться определенным образом. К тому же и «дорога» в прошлое при этом откроется на очень короткий промежуток времени. Готт говорит: «Коллапсирующая струнная петля, достаточно большая, чтобы ее мож-

но было обогнуть один раз и вернуться при этом на один год назад, по своей массе-энергии должна превосходить половину галактики».

Но самая многообещающая схема машины времени — так называемые обратимые кротовые норы, упомянутые в предыдущей главе. Это дыры в пространстве-времени, где человек может свободно перемещаться вперед и назад во времени. Теоретически обратимые кротовые норы — это возможность не только путешествовать быстрее света, но и перемещаться во времени. Ключ к обратимым кротовым норам — отрицательная энергия.

Машина времени для обратимых кротовых нор должна состоять из двух камер; каждая камера — из двух концентрических сфер, разделенных крошечным промежутком. Если обжать наружную сферу внутрь, по направлению к внутренней сфере, то между двумя сферами возникнет эффект Казимира и в результате отрицательная энергия. Предположим, что некая цивилизация III типа способна протянуть кротовую нору между двумя этими камерами (возможно, соорудить ее можно будет из пространственно-временной пены). Далее берем первую камеру и отправляем ее в пространство на околосветовой скорости. Время в этой камере замедляется, и часы в двух камерах теряют синхронность. Время в двух камерах, соединенных кротовой норой, идет с разной скоростью.

Находясь во второй камере, можно по кротовой норе мгновенно переместиться в первую, которая существует в более раннем времени, и оказаться в прошлом.

Реализация этой схемы связана с очень серьезными трудностями. Так, кротовая нора может оказаться совсем крошечной, намного меньше размеров атома. А концентрические сферы, возможно, потребуется обжать до расстояний планковского масштаба, чтобы получить достаточно отрицательной энергии. И последнее. Вы сможете возвращаться назад во времени лишь только в тот момент, когда была создана данная машина

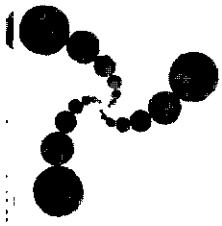
времени — ведь до этого момента время в обеих камерах шло совершенно синхронно!

Парадоксы и загадки времени

Путешествия во времени порождают множество проблем, как технических, так и социальных. Ларри Дуайер поднимает всевозможные моральные, юридические и этические вопросы; он говорит: «Следует ли предъявить обвинения путешественнику во времени, если он побил самого себя, только более молодого (или наоборот)? Если путешественник во времени совершит убийство и скроется в прошлом, следует ли судить его в прошлом за преступление, которое ему еще только предстоит совершить? Если он женится в прошлом, то можно ли судить его за двоеженство, если другой жене предстоит родиться, скажем, через пять тысяч лет?»

Но возможно, самые труднорешаемые проблемы — это логические парадоксы, которые возникают при путешествиях во времени. Что произойдет, к примеру, если мы убьем своих родителей до своего рождения? Это логически невозможно, поэтому получается парадокс — иногда его называют «парадокс дедушки».

Существует три способа разрешить эти парадоксы. Во-первых, не исключено, что при возвращении в прошлое вам просто придется еще раз пережить все то же самое, восстановив тем самым историю в прежнем ее виде. В этом случае вы лишены свободы воли и вынуждены повторять прошлое в том виде, в каком оно единожды было реализовано. В этой ситуации получается, что если вы отправляетесь в прошлое, чтобы передать самому себе секрет путешествий во времени, то, значит, именно так все и должно было произойти: секрет путешествий во времени действительно был доставлен из будущего. Такова судьба. (Надо сказать, при этом остается неясным, откуда взялась первоначальная идея.)



Второй вариант. Вы обладаете свободой воли и, соответственно, можете изменять прошлое, но в ограниченных пределах. Ваша свобода воли работает до тех пор, пока вы не создаете временных парадоксов. Стоит вам попытаться убить родителей до своего рождения, и загадочная сила не даст вам спустить курок. Эту позицию отстаивает российский физик Игорь Новиков. (Он аргументирует это следующим образом. Существует, к примеру, закон природы, не позволяющий нам ходить по потолку, хотя мы можем этого захотеть. Почему не предположить, что существует закон, который не даст нам убить родителей до нашего рождения? Вот просто так, неизвестная сила не даст нам спустить курок.)

Наконец, третий вариант. Вселенная расщепляется на две. Люди, которых вы убили, в точности похожи на ваших родителей, но на самом деле ими не являются, поскольку вы уже находитесь в параллельной вселенной. Похоже, именно этот вариант соответствует квантовой теории; я расскажу об этом позже, когда буду говорить о Мультивселенной.

Второй вариант рассмотрен в фильме «Терминатор-3», где Арнольд Шварценеггер играет робота из будущего, в котором власть захватили агрессивные машины. На немногих оставшихся в живых людей машины охотятся, как на зверей; но машины не в силах уничтожить лидера сопротивления. Машины направляют целую серию роботов-убийц в прошлое, в момент незадолго до рождения лидера, с заданием уничтожить его мать. Но в конце концов, после эпических сражений, в финале фильма машины все же уничтожают человеческую цивилизацию, как и планировали с самого начала.

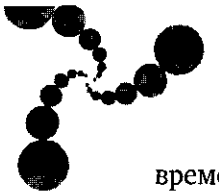
Фильм «Назад в будущее» рассматривает третий вариант решения. Доктор Браун изобретает машину, работающую на плутонии, на базе старого автомобиля DeLorean; на самом деле это машина времени для путешествия в прошлое. Марти Макфлай (в исполнении Майкла Фокса) садится в машину, отправляется в прошлое и встречается там со своей молоденькой матерью,

которая затем влюбляется в него. Возникает сложная проблема. Если будущая мать Марти отвергнет его будущего отца и они не поженятся, то герой Фокса просто не родится на свет.

Проблему немного проясняет док Браун. Он рисует на доске горизонтальную линию, представляющую течение времени в нашей Вселенной. Затем он рисует вторую линию, которая ответвляется от первой и представляет параллельную вселенную; она возникает в тот момент, когда вы изменяете прошлое. Таким образом, стоит вам двинуться назад по реке времени, как она тут же разветвляется на два рукава; одна линия времени превращается в две. Этот подход известен как концепция множественности миров, и мы обсудим ее в следующей главе.

Это означает, что все парадоксы времени можно разрешить. Если вы убили своих родителей до вашего рождения, это означает просто, что вы убили людей, которые не являются на самом деле вашими родителями — хотя идентичны им генетически, обладают той же личностью и теми же воспоминаниями.

Идея множественности миров решает по крайней мере одну серьезную проблему путешествий во времени. Для физика проблема номер один, связанная с путешествиями во времени (помимо поисков отрицательной энергии), заключается в том, что последствия излучения будут накапливаться, и в итоге произойдет одно из двух: или вы упадете замертво при попытке войти в машину, или кротовая нора схлопнется, когда вы будете через нее проходить. Эти радиационные эффекты будут накапливаться, потому что любое излучение, попавшее в портал времени, отправится в прошлое; там это излучение выйдет наружу и будет бродить по Вселенной до сегодняшнего дня, когда ему наступит время снова войти в портал. Поскольку излучение может войти в портал бесконечное число раз, внутри портала оно может достичь невероятно высокого уровня — вполне достаточного, чтобы убить любого, кто туда попадет. Но если говорить о версии с «множественными мирами», то эта проблема решится сама собой. Излучение, попавшее в машину



времени, действительно отправляется в прошлое, но попадает в новую вселенную; оно не может входить в портал времени снова, снова и снова. Это означает, что существует бесконечное число вселенных, для каждого цикла своя, и в каждом цикле в портал времени проникает лишь один фотон излучения — а не бесконечно много.

В 1997 г., когда трем физикам удалось наконец доказать, что намерение Хокинга раз и навсегда запретить путешествия во времени некорректно в принципе, спорные вопросы слегка прояснились. Бернард Кей, Марек Радзиковски и Роберт Уолд показали, что путешествия во времени не противоречат никаким известным физическим законам, за исключением одного момента. Когда речь идет о передвижении во времени, все проблемы концентрируются на горизонте событий (расположенном возле входа в кротовую нору). Но этот горизонт — то самое место, где, согласно современным представлениям, теория Эйнштейна уступает место квантовым эффектам. Проблема в том, что, пытаясь рассчитать радиационные эффекты на входе в машину времени, мы вынуждены использовать теорию, которая сочетает в себе общую теорию относительности Эйнштейна и квантовую теорию излучения. Но, как бы мы ни пытались наивно объединить эти две теории, результат получается неубедительным; в некоторых местах ответ получается бесконечным, что лишено смысла.

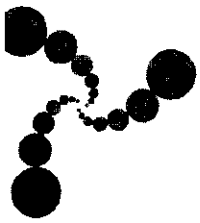
Вот здесь и приходит время так называемой теории всего. Все проблемы путешествий через кротовые норы, терзающие физиков (к примеру, стабильность кротовой норы, опасное для жизни излучение, схлопывание кротовой норы при попытке пройти через нее), сконцентрированы на горизонте событий — в точности там, где теряет смысл теория Эйнштейна.

Таким образом, ключевым для понимания путешествий во времени является понимание физики горизонта событий — а ее может описать и объяснить только теория всего. Именно поэтому большинство физиков в настоящий момент согласно

в том, что единственный способ разрешить вопрос путешествий во времени — разработать полную теорию гравитации и пространства-времени.

Теория всего должна объединить четыре фундаментальных физических взаимодействия Вселенной и позволить нам математически рассчитать, что произойдет при входе в машину времени. Только теория всего могла бы успешно рассчитать радиационные эффекты, создаваемые кротовой норой, и разъяснить вопрос о том, насколько стабильной будет кротовая нора при входе человека в машину времени. Но даже после создания такой теории нам, возможно, придется ждать несколько веков или даже дольше, прежде чем первая машина времени сможет экспериментально проверить ее выводы.

Законы путешествий во времени так тесно связаны с физикой кротовых нор, что сами путешествия, очевидно, следует отнести ко II классу невозможности.



13. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ

— Но неужели вы имеете в виду, сэр, — спросил Питер, — что другие миры могут существовать... повсюду, буквально за углом... вот просто так?
— Ничего не может быть вероятнее, — отозвался профессор... бормоча про себя: — Интересно, чему их там учат, в этих школах.

К.С. Льюис. Лев, колдунья и платяной шкаф

Послушайте: здесь, по соседству, есть чертовски хорошая вселенная: пойдемте туда.

Эдвард Каммингс

Действительно ли альтернативные вселенные имеют право на существование? В Голливуде они давно стали излюбленным инструментом кинематографистов; в качестве примера можно привести эпизод «Звездного пути» под названием «Зеркало, зеркало». Капитан Кирк случайно попадает в странную параллельную вселенную, где Федерация планет представляет собой зловещую империю, единство которой обеспечивается жестокими завоеваниями, алчностью и грабежом. В этой вселенной Спок носит страшную бороду, а сам капитан Кирк является лидером банды жадных пиратов, всегда готовых обратить своих соперников в рабство и поубивать собственных командиров.

Альтернативные вселенные позволяют нам вволю исследовать мир по имени «что, если бы...» и его чудесные, загадочные возможности. В комиксах серии про Супермена, к примеру, присутствовало несколько альтернативных вселенных; в одной из них родная планета Супермена, Криптон, не взрыва-

лась; в другой Супермен в конце концов раскрывает свою тайну и признается, что он и скромный Кларк Кент — одно лицо; в третьей он женится на Лоис Лейн и у них рождаются супердети. Но можно ли считать параллельные миры исключительно вотчиной сериала «Сумеречная зона», или для них есть в современной физике серьезные предпосылки?

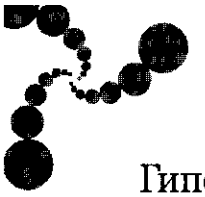
На протяжении всей истории человечества, включая практически все древние общества, люди верили, что существуют иные сферы, где обитают боги и духи. Церковь верит в существование рая, ада и чистилища. У буддистов есть нирвана и разные плоскости сознания. У индуистов — тысячи миров.

Христианские теологи, не в силах объяснить, где же могут находиться небеса, нередко рассуждают о том, что Бог, возможно, живет где-то в других, высших измерениях. Как ни странно, если бы высшие измерения действительно существовали, многие качества, которые мы приписываем богам, могли бы стать реальностью. Существо в высшем измерении обретало бы способность появляться и исчезать в любом месте по собственному желанию, а также проходить сквозь стены — способности, которыми в представлении человека обычно обладают божества.

В последнее время концепция параллельных вселенных является одной из самых горячо обсуждаемых тем в теоретической физике. Вообще, можно говорить о нескольких типах параллельных вселенных, которые заставляют нас заново пересмотреть наши представления о «реальности». Причем ставкой в теоретическом споре о различных параллельных вселенных служит — ни много ни мало — природа самой реальности.

В научной литературе активно обсуждается по крайней мере три типа параллельных вселенных:

а) гиперпространство, или высшие измерения;
б) Мультивселенная;
в) квантовые параллельные вселенные.



Гиперпространство

Самой долгой историей научных дискуссий из всех типов параллельных вселенных может похвастаться параллельная вселенная высших измерений. Здравый смысл и органы чувств говорят нам, что мы живем в трех измерениях (длина, ширина и высота). Как бы мы ни двигали объект в пространстве, его положение всегда можно описать этими тремя координатами. Вообще, этими тремя числами человек может определить точное положение любого объекта во Вселенной, от кончика своего носа до самых отдаленных галактик.

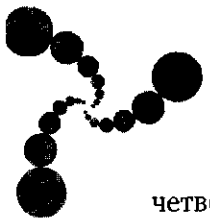
На первый взгляд четвертое пространственное измерение противоречит здравому смыслу. К примеру, когда дым заполняет всю комнату, мы не видим, чтобы он исчезал в другом измерении. Нигде в нашей Вселенной мы не видим объектов, которые внезапно исчезали бы или уплывали в иную вселенную. Это означает, что высшие измерения, если таковые существуют, по размеру должны быть меньше атома.

Три пространственных измерения образуют фундамент, основу греческой геометрии. К примеру, Аристотель в трактате «О небе» писал: «Величина, делимая в одном измерении, есть линия, в двух — плоскость, в трех — тело, и, кроме них, нет никакой другой величины, так как три [измерения] суть все [измерения]». В 150 г. н. э. Птолемей Александрийский предложил первое «доказательство» того, что высшие измерения «невозможны». В трактате «О расстоянии» он рассуждает следующим образом. Проведем три взаимно перпендикулярные прямые линии (как линии, которые образуют угол комнаты). Очевидно, провести четвертую линию, перпендикулярную трем первым, невозможно, следовательно, четвертое измерение невозможно. (На самом деле ему удалось доказать таким образом только одно: наш мозг не способен наглядно представить себе четвертое измерение. С другой стороны, компьютеры постоянно занимаются расчетами в гиперпространстве.)

На протяжении двух тысячелетий любой математик, который отваживался заговорить о четвертом измерении, рисковал подвергнуться насмешкам. В 1685 г. математик Джон Уоллис в полемике о четвертом измерении назвал его «чудовищем в природе, возможным не более, нежели химера или кентавр». В XIX в. «король математиков» Карл Гаусс разработал математику четвертого измерения в значительной степени, но побоялся публиковать результаты, опасаясь негативной реакции. Сам он, однако, проводил эксперименты и пытался определить, действительно ли чисто трехмерная греческая геометрия правильно описывает Вселенную. В одном из экспериментов он поместил трех помощников на вершинах трех соседних холмов. У каждого помощника был фонарь; свет всех трех фонарей образовал в пространстве гигантский треугольник. Сам же Гаусс тщательно измерил все углы этого треугольника и, к собственному разочарованию, обнаружил, что сумма внутренних углов треугольника действительно составляет 180°. Из этого ученый заключил, что если отступления от стандартной греческой геометрии и существуют, то они настолько малы, что их невозможно обнаружить подобными способами.

В результате честь описать и опубликовать основы математики высших измерений выпала Георгу Бернхарду Риману, ученику Гаусса. (Через несколько десятилетий эта математика целиком вошла в общую теорию относительности Эйнштейна.) На своей знаменитой лекции в 1854 г. Риман одним махом опрокинул 2000 лет владычества греческой геометрии и установил основы математики высших, криволинейных измерений; мы и сегодня пользуемся этой математикой.

В конце XIX в. замечательное открытие Римана прогремело по всей Европе и вызвало широчайший интерес публики; четвертое измерение произвело настоящую сенсацию среди артистов, музыкантов, писателей, философов и художников. Скажем, историк искусства Линда Дальримпл Хендерсон считает, что кубизм Пикассо возник отчасти под впечатлением от



четвертого измерения. (Портреты женщин кисти Пикассо, на которых глаза смотрят вперед, а нос находится сбоку, представляют собой попытку представить четырехмерную перспективу, ведь при взгляде из четвертого измерения можно одновременно видеть лицо, нос и затылок женщины.) Хендерсон пишет: «Подобно черной дыре, четвертое измерение обладало загадочными свойствами, которые не удавалось до конца понять даже самим ученым. И все же четвертое измерение было гораздо более понятным и представимым, чем черные дыры или любые другие научные гипотезы после 1919 г., за исключением теории относительности».

Другие художники тоже пытались рисовать из четвертого измерения. На картине Сальвадора Дали «Распятие» Христос распят перед странным плывущим в пространстве трехмерным крестом, который на самом деле представляет собой развертку четырехмерного куба. В своей знаменитой картине «Упорство памяти» он попытался представить время как четвертое измерение — отсюда и метаформа растекшихся часов. Картина «Обнаженная фигура, спускающаяся по лестнице» Марселя Дюшана — попытка представить время как четвертое измерение через изображение нескольких стадий движения. Четвертое измерение появляется даже у Оскара Уайльда в рассказе «Кентервильское привидение», ведь привидение там живет в четвертом измерении.

Четвертое измерение фигурирует также в нескольких произведениях Герберта Уэллса, включая «Человека-невидимку», «Историю Платтнера» и «Удивительный визит». (В последнем рассказе, который с тех пор успел стать основой десятков голливудских фильмов и научно-фантастических романов, наша Вселенная каким-то образом сталкивается с параллельной вселенной. Несчастный ангел из соседней вселенной попадает под случайный выстрел охотника и проваливается в нашу Вселенную. В конце концов он, потрясенный алчностью, мелочностью и эгоизмом, царящими в нашей Вселенной, кончает жизнь самоубийством.)

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ

Роберт Хайнлайн в романе «Число зверя» исследует идею о параллельных вселенных с иронией. В этом романе четверо храбрых землян носятся по параллельным вселенным на спортивной машине сумасшедшего профессора, способной передвигаться между измерениями.

В телесериале «Скользящие» мальчик под влиянием одной книги решает построить машину, которая позволила бы ему «скользить» между параллельными вселенными. (Можно добавить, что герой сериала прочитал мою книгу «Гиперпространство».)

Но исторически сложилось так, что физики рассматривали четвертое измерение лишь как забавную диковинку. Никаких свидетельств существования высших измерений не было. Положение начало меняться в 1919 г., когда физик Теодор Калуца написал очень спорную статью, в которой намекнул на существование высших измерений. Начав с общей теории относительности Эйнштейна, он поместил ее в пятимерное пространство (четыре пространственных измерения и пятое — время; поскольку время уже утвердилось как четвертое измерение пространства-времени, физики теперь называют четвертое пространственное измерение пятым). Если делать размер Вселенной вдоль пятого измерения все меньше и меньше, уравнения волшебным образом распадаются на две части. Одна часть описывает стандартную теорию относительности Эйнштейна, зато другая превращается в теорию света Максвелла!

Это стало поразительным откровением. Возможно, тайна света скрыта в пятом измерении! Такое решение шокировало даже Эйнштейна; казалось, оно обеспечивает элегантное объединение света и гравитации. (Эйнштейн был так потрясен предположением Калуцы, что два года раздумывал, прежде чем дал согласие на публикацию его статьи.) Эйнштейн писал Калуце: «Идея получить [объединенную теорию] посредством пятимерного цилиндра никогда не пришла бы мне в голову...

С первого взгляда мне ваша идея чрезвычайно понравилась... Формальное единство вашей теории поразительно».

Много лет физики задавались вопросом: если свет — это волна, то что, собственно, колеблется? Свет способен преодолевать миллиарды световых лет пустого пространства, но пустое пространство — это вакуум, в нем нет никакого вещества. Так что же колеблется в вакууме? Теория Калуцы позволяла выдвинуть по этому поводу конкретное предположение: свет — это настоящие волны в пятом измерении. Уравнения Максвелла, точно описывающие все свойства света, получаются в ней просто как уравнения волн, которые двигаются в пятом измерении.

Представьте себе рыб, плавающих в мелком пруду. Возможно, они даже не подозревают о существовании третьего измерения, ведь их глаза смотрят в стороны, а плыть они могут только вперед или назад, вправо или влево. Возможно, третье измерение даже кажется им невозможным. Но теперь вообразите себе дождь на поверхности пруда. Рыбы не могут видеть третье измерение, но они видят тени и рябь на поверхности пруда. Точно так же теория Калуцы объясняет свет как рябь, которая двигается по пятому измерению.

Калуца дал также ответ на вопрос, где находится пятое измерение. Поскольку мы не видим вокруг никаких признаков его существования, оно должно быть «свернутым» до столь малой величины, что заметить его невозможно. (Возьмите двумерный лист бумаги и плотно скатайте его в цилиндр. Издалека цилиндр будет казаться одномерной линией. Получается, что вы свернули двумерный объект и сделали его одномерным.)

Поначалу работа Калуцы произвела сенсацию. Но в последующие годы нашлись и серьезные возражения против его теории. Каковы размеры этого нового пятого измерения? Каким образом оно свернулось? Ответов не было.

На протяжении нескольких десятилетий Эйнштейн принимался время от времени работать над этой теорией. Но после

его смерти в 1955 г. теорию быстро забыли, она превратилась в забавное примечание на страницах истории физики.

Теория струн

Все изменилось с появлением поразительной новой теории, получившей название теория суперструн. К началу 1980-х гг. физики буквально утонули в море элементарных частиц. Каждый раз, разбивая атом на части при помощи мощного ускорителя частиц, они, к немалому изумлению, обнаруживали, что из расщепленного атома вылетают десятки новых частиц. Такое положение дел настолько обескураживало, что Роберт Оппенгеймер заявил: Нобелевскую премию по физике следует отдать тому физику, который за год не откроет ни одной новой частицы! (Энрико Ферми, в ужасе от того, как безудержно плодятся элементарные частицы с греческими буквами в названиях, сказал: «Если бы я был в состоянии запомнить названия всех этих частиц, я стал бы ботаником».) Лишь после десятилетий кропотливой работы этот густонаселенный зоопарк удалось организовать хоть в какую-то систему под названием Стандартная модель. Миллиарды долларов, тяжкий труд тысяч инженеров и физиков и 20 Нобелевских премий позволили сложить мозаику Стандартной модели буквально по кусочкам. Это поистине замечательная теория, соответствующая, насколько можно судить, всем экспериментальным данным субатомной физики.

Но Стандартная модель, несмотря на экспериментальный успех, обладает одним очень серьезным недостатком. Как говорит Стивен Хокинг, «она некрасива и достаточно произвольна». В ней по крайней мере 19 свободных параметров (в том числе масса частицы и сила ее взаимодействия с другими частицами), 36 кварков и антикварков, еще три важные субатомные частицы и их античастицы и множество других субатомных частиц со странными названиями, таких как глюоны Янга–Миллза, бозоны Хиггса, W-бозоны и Z-частицы. Хуже того, Стандарт-

ная модель ничего не говорит о гравитации. Трудно поверить, что природа на самом первичном, базовом уровне может быть столь запутанной и в высшей степени неэлегантной. Эту теорию мог бы полюбить только человек, вложивший в нее свою душу. Отсутствия красоты в Стандартной модели оказалось достаточно, чтобы физики захотели заново проанализировать свои представления о природе. Что-то здесь было не так.

Если внимательно рассмотреть развитие физики за последние несколько столетий, окажется, что одним из важнейших достижений последнего из них стало сведение всех фундаментальных физических законов в две великие теории: квантовую теорию (представленную Стандартной моделью) и общую теорию относительности Эйнштейна (которая описывает гравитацию). Замечательно, что вместе эти две теории представляют всю сумму физических знаний на фундаментальном уровне. Первая теория описывает мир очень малого — субатомный квантовый мир, где частицы исполняют свой фантастический танец, возникают из ничего и тут же пропадают снова и к тому же умудряются находиться в двух местах одновременно. Вторая теория описывает мир очень большого; ее интересуют такие предметы, как черные дыры и Большой взрыв; она пользуется языком гладких поверхностей, растянутого полотна и искаженного пространства. Эти теории во всем противоположны друг другу, они используют разную математику, разные аксиомы и разную физическую картину мира. При взгляде на них создается впечатление, что у природы две руки, совершенно не связанных друг с другом. Мало того, все попытки объединить обе теории не привели ни к каким разумным результатам. На протяжении полувека каждый физик, пытавшийся под дулом пистолета поженить квантовую теорию и общую теорию относительности, неожиданно для себя обнаруживал, что при любой попытке добиться своего теория разлетается в клочья и дает в ответ бесконечность, лишенную всякого смысла.

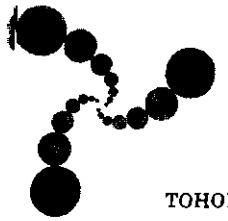
Все изменилось с появлением на сцене теории суперструн, которая утверждает, что электрон и другие субатомные частицы представляют собой не что иное, как различные колебания струны, работающей примерно как крошечная резиновая лента. Если дернуть за натянутую резинку, она будет вибрировать на разные лады — при этом каждая нота соответствует конкретной субатомной частице. Таким образом, теория суперструн объясняет существование сотен субатомных частиц, обнаруженных учеными при помощи ускорителей. Более того, теория Эйнштейна тоже укладывается в эту теорию как проявление одного из самых низкочастотных колебаний.

Теорию струн даже превозносили как пресловутую «теорию всего», ускользавшую от Эйнштейна последние 30 лет его жизни. Эйнштейну нужна была единая понятная теория, которая объединила бы в себе все законы физики и позволила ему «узнать, о чем думает Бог». Если теория струн верно объединила гравитацию и квантовую теорию, то она, возможно, представляет собой величайшее достижение науки за последние 2000 лет — с того самого момента, когда греки впервые задались вопросом: что есть вещество?

Но у теории суперструн есть одна очень странная особенность: эти самые струны могут колебаться только в пространстве-времени определенной размерности — а именно в десятимерном. Если попытаться сформулировать теорию струн для другого числа измерений, ничего не выйдет; математический аппарат просто развалится.

Разумеется, наша Вселенная четырехмерна (в ней три пространственных измерений и одно временное). Это означает, что остальные шесть измерений должны быть каким-то образом схлопнуты, или свернуты, подобно пятому измерению Калуцы.

В последнее время физики начали всерьез задумываться о том, чтобы доказать или, наоборот, опровергнуть существование этих высших измерений. Возможно, простейший способ убедиться в их существовании — это найти отклонения от нью-



тоновского закона всемирного тяготения. Из школы мы знаем, что сила притяжения Земли убывает с расстоянием. Если говорить более точно, сила взаимного притяжения убывает пропорционально квадрату расстояния, разделяющего объекты. Но это верно только потому, что мы живем в трехмерном мире. (Представьте себе сферу вокруг Земли. Сила притяжения Земли равномерно распределяется по площади этой сферы, поэтому чем больше сфера, тем слабее сила притяжения. Но площадь поверхности сферы пропорциональна квадрату ее радиуса, поэтому и сила притяжения, распределенная по поверхности сферы, должна уменьшаться пропорционально квадрату радиуса.)

Но если бы во Вселенной было четыре пространственных измерения, то сила притяжения должна была бы убывать пропорционально кубу расстояния. Вообще, если бы вселенная имела n пространственных измерений, гравитация в ней убывала бы пропорционально $(n - 1)$-й степени расстояния. Знаменитый закон Ньютона о том, что сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния, проверен на астрономических расстояниях с большой точностью; именно поэтому мы можем направлять космические зонды с поразительной точностью сквозь щели в кольцах Сатурна. Но до недавнего времени никто не проверял этот закон в лаборатории, на очень малых расстояниях.

Первый эксперимент, призванный проверить закон обратной пропорциональности силы притяжения квадрату расстояния, был проведен в 2003 г. в Университете Колорадо. Результат эксперимента был отрицательным: по всей видимости, параллельной вселенной не существует, по крайней мере, в Колорадо ее нет. Но отрицательный результат лишь раздразнил аппетиты других физиков, которые теперь надеются повторить этот эксперимент с еще большей точностью.

Большой адронный коллайдер, который в 2008 г. вводится в строй недалеко от Женевы, будет участвовать в поисках

частиц нового типа — так называемых суперчастиц, которые представляют собой высшие моды колебания суперструн (все, что вы видите вокруг, представляет собой всего лишь низшие частоты колебания суперструн). Если БАК действительно обнаружит суперчастицы, это может означать начало настоящей революции в наших взглядах на Вселенную. В новой картине Вселенной Стандартная модель попросту будет представлять низшие частоты колебания суперструн.

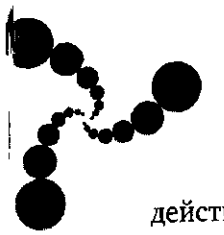
Кип Торн говорит: «К 2020 г. физики будут уже понимать законы квантовой гравитации, и окажется, что они являются вариантом теории струн».

Кроме высших измерений теория струн предсказывает существование и другой версии параллельных вселенных; речь идет о Мультивселенной.

Мультивселенная

Один вопрос по поводу теории струн по-прежнему не дает покоя: почему эта теория существует ни много ни мало — в пяти версиях? Действительно, теория струн способна объединить квантовую теорию и гравитацию, но сделать это, как оказалось, можно пятью способами. Это довольно неприятно, ведь физики в большинстве своем мечтали о единой и единственной «теории всего». Эйнштейн, к примеру, хотел узнать, «был ли у Бога выбор при сотворении Вселенной». Он был убежден, что единая теория поля, или теория всего, должна быть уникальна. Так почему же сегодня мы видим пять версий теории струн?

В 1994 г. в научном мире взорвалась еще одна бомба. Эдвард Уиттен из Института перспективных исследований в Принстоне и Пол Таунсенд из Кембриджского университета выдвинули предположение о том, что все пять теорий струн на самом деле представляют собой одну теорию — но только если добавить одиннадцатое измерение. При взгляде из одиннадцатого измерения все пять теорий сольются в одну! Получается, что теория



действительно уникальна, но только если в качестве наблюдательного пункта выбрать вершину одиннадцатого измерения.

В одиннадцатом измерении может существовать новый математический объект, получивший название «мембрана» (к примеру, она может быть подобна поверхности сферы). Но — поразительное наблюдение — при переходе от 11 измерений к 10 из единственной мембраны появляются все пять струнных теорий — и получается, что они представляют всего лишь разные пути перевода мембраны из одиннадцатимерного мира в десятимерный.

(В качестве наглядной иллюстрации представьте себе надувной мяч с перехватывающей его по экватору резинкой. Представьте, что вы возьмете ножницы и срежете весь мяч по обе стороны от резинки. Останется только сама резинка, или струна. Точно так же, если свернуть одиннадцатое измерение, от мембраны останется только «экватор», он же струна. Математически существует пять способов убрать «мяч», или мембрану, при свертывании «лишнего» измерения — и соответственно в десятимерном пространстве мы получаем пять разных струнных теорий.)

Одиннадцатое измерение позволило нам по-новому увидеть всю картину. Возникло также предположение о том, что наша Вселенная — тоже мембрана, плавающая в одиннадцатимерном пространстве-времени. Более того, не все измерения при этом должны быть свернуты до бесконечно малых величин. Наоборот, некоторые из них могут быть бесконечными.

А что, если наша Вселенная, вместе с другими вселенными, существует в некой единой Мультивселенной? Представьте себе множество парящих в воздухе мыльных пузырей, или мембран. Каждый мыльный пузырь олицетворяет собой целую вселенную, плавающую в одиннадцатимерном гиперпространстве большего размера. Пузыри способны объединяться друг с другом или разделяться на несколько пузырей, они способны даже возникать и исчезать. Не исключено, что мы все живем на оболочке одного такого пузыря-вселенной.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ

Макс Тегмарк из MIT считает, что через 50 лет «существование этих "параллельных вселенных" будет вызывать не больше сомнений, чем существование иных галактик, которые тогда называли "островными вселенными", вызывало сомнений 100 лет назад».

Сколько вселенных предсказывает теория струн? Довольно неприятной чертой теории струн является как раз тот факт, что вселенных может быть множество — многие триллионы вселенных, каждая из которых вполне согласуется с теорией относительности и квантовой теорией. Согласно одной из оценок, может существовать целый гугол таких вселенных. (Гугол — это единица со ста нулями.)

В обычных условиях связь между вселенными невозможна. Атомы нашего тела подобны мухам на липкой бумаге. Мы можем свободно передвигаться в трех измерениях нашей вселенной-мембраны, но не способны «выпрыгнуть» из нее в гиперпространство, потому что приклеены к нашей Вселенной. Но гравитация, которая представляет собой искажение пространства-времени, может свободно плавать в пространстве между вселенными.

Существует теория, утверждающая, что скрытая масса, или темная материя, — некое невидимое вещество, окружающее нашу Галактику, — возможно, представляет собой обычное вещество в параллельной вселенной. Как говорится еще в романе Герберта Уэллса «Человек-невидимка», наблюдатель будет невидим для нас, если будет находиться прямо над нами в четвертом измерении. Представьте себе два параллельных листа бумаги и наблюдателя, который находится на втором листе и видит под собой первый.

Существуют и другие предположения — к примеру, что скрытая масса может представлять собой обычную галактику, парящую прямо над нами в другой вселенной-мембране. Мы ощущаем гравитацию этой галактики — ведь гравитация способна проникнуть всюду, даже между вселенными, — но сама

галактика остается для нас невидимой, потому что любой свет заперт в своей вселенной. Таким образом, мы имеем невидимую галактику, обладающую тем не менее массой, что вполне соответствует описанию скрытой массы. (Еще одна возможность состоит в том, что скрытая масса представляет собой следующую моду колебаний суперструны. Все, что мы видим вокруг, представляет собой не что иное, как низшую моду этих самых колебаний. Не исключено, что темная материя — набор следующих по частоте колебаний суперструны.)

Конечно, большинство параллельных вселенных, скорее всего, мертвы и представляют собой бесформенное скопление субатомных частиц, таких как электроны и нейтрино. В этих вселенных протон может быть нестабилен, поэтому все вещество в том виде, в каком мы его знаем, будет постепенно разлагаться и растворяться в пространстве. Вероятно, во многих вселенных сложное вещество, состоящее из атомов и молекул, просто не может существовать.

В других параллельных вселенных, наоборот, сложные формы материи играют значительно бóльшую роль, чем мы можем себе представить. Вместо одного типа атомов, которые строятся из протонов, нейтронов и электронов, стабильное вещество там может существовать в поразительном разнообразии форм и типов.

Мембранные вселенные способны также сталкиваться между собой, порождая космические фейерверки. Некоторые физики в Принстоне считают, что наша Вселенная зародилась, возможно, при столкновении двух гигантских мембран, которое произошло 13,7 млрд лет назад. Они считают, что ударная волна от этого столкновения и стала причиной возникновения нашей Вселенной. Интересно, что при рассмотрении экспериментально проверяемых следствий этой необычной идеи получаются результаты, которые вполне согласуются с результатами работы спутника WMAP, находящегося в настоящее время на околоземной орбите. (Эта теория известна как теория «Большого всплеска».)

В пользу теории Мультивселенной говорит по крайней мере один факт. Если проанализировать основные физические константы, можно без труда обнаружить, что они очень точно «настроены» на то, чтобы в этих условиях могла существовать жизнь. Стоит увеличить ядерные силы — и звезды будут выгорать слишком быстро, чтобы жизнь успела возникнуть и развиться. Стоит их уменьшить — и звезды не будут вспыхивать вообще; естественно, жизнь в этом случае тоже не сможет существовать. Если увеличить силу тяготения, наша Вселенная быстро умрет в Большом сжатии; если ее немного уменьшить, она быстро расширится и замерзнет. Вообще, для того, чтобы в нашей Вселенной возникли подходящие для жизни условия, необходимы были десятки «случайностей», имеющих отношение к мировым константам. Очевидно, наша Вселенная по многим параметрам находится в «зоне жизни»; очень многое в ней «точно подобрано» для того, чтобы жизнь могла зародиться и существовать. Поэтому нам придется сделать вывод либо о существовании некоего Бога, который намеренно позаботился о том, чтобы наша Вселенная получилась такая, какая надо, либо о существовании миллиардов параллельных вселенных, многие из которых мертвы. Как сказал Фримен Дайсон, «Вселенная, похоже, заранее знала, что мы появимся».

Сэр Мартин Рис из Кембриджского университета считает, что такая точная настройка всех параметров надежно свидетельствует в пользу Мультивселенной. Все пять главных физических констант (таких, как сила фундаментальных взаимодействий) в нашей Вселенной подобраны очень точно и годятся для жизни, и он убежден, что кроме нашей существует бесконечное число вселенных, в которых физические константы не совместимы с жизнью.

Это так называемый антропный принцип. В слабом варианте этот принцип просто утверждает, что параметры нашей Вселенной точно настроены именно для жизни (и в первую очередь потому, что мы существуем и можем сделать такой вывод).

В сильном варианте антропный принцип утверждает, что наше существование, возможно, является побочным результатом чьих-то целенаправленных действий. Большинство космологов готово согласиться со слабой версией антропного принципа, но вопрос о том, что представляет собой сам принцип — новое слово в науке, открывающее дорогу к новым открытиям и разработкам, или просто утверждение очевидного.

Квантовая теория

В дополнение к высшим измерениям и Мультивселенной существует еще один тип параллельной вселенной — тот самый, что доставлял головную боль Эйнштейну и что продолжает мучить физиков и сегодня. Это квантовая вселенная, которую предсказывает обычная квантовая механика. Парадоксы квантовой физики представляются чрезвычайно трудноразрешимыми, и нобелевский лауреат Роберт Фейнман любил говорить, что никто на самом деле не понимает квантовой теории.

Да, квантовая теория — самая успешная теория, когда-либо разработанная человеческим разумом; да, точность ее предсказаний часто доходит до одной десятимиллиардной. Тем не менее эта теория построена на песке и полностью зависит от случая, удачи и вероятности. В отличие от теории Ньютона, которая дает точные и ясные ответы на вопросы о движении объектов, квантовая теория в состоянии назвать только вероятности. Чудеса современного мира — лазеры, Интернет, компьютеры, телевидение, сотовые телефоны, радары, микроволновые печи и т. п. — базируются на зыбучих песках вероятностей.

Возможно, самым наглядным примером этого может послужить знаменитая проблема «кошки Шрёдингера» (сформулированная одним из основателей квантовой теории, который, как ни странно, предложил эту проблему в надежде разгромить вероятностную ее интерпретацию). Шрёдингер очень злился

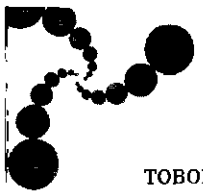
на такую интерпретацию своей теории; он говорил: «Если действительно придется всерьез относиться к этим чертовым квантовым переходам, то я пожалею, что вообще принимал участие в этом деле».

Парадокс кошки Шрёдингера заключается в следующем: поместим кошку в запечатанный ящик. Пусть в ящике имеется заряженное ружье, нацеленное на кошку (причем спусковой крючок ружья связан со счетчиком Гейгера, рядом с которым находится кусок урана). В обычных обстоятельствах, если атом урана распадется, счетчик Гейгера сработает, ружье выстрелит, и кошка будет убита. Атом урана либо распадется, либо нет. Кошка либо будет жить, либо умрет. Это соответствует здравому смыслу.

Но в квантовой теории мы не можем знать наверняка, распался атом урана или нет. Поэтому мы должны сложить эти две возможности, т. е. сложить волновую функцию распавшегося атома с волновой функцией целого атома. Но это означает, что для описания кошки нам придется сложить два ее состояния. Так что кошка у нас окажется ни живой, ни мертвой. Она будет представлена как сумма живой кошки и мертвой кошки!

Фейнман однажды написал, что квантово-механическое описание природы «абсурдно с точки зрения здравого смысла, и при этом оно полностью согласуется с экспериментом — так что, я надеюсь, вы сможете принять эту природу в ее абсурдном образе».

Эйнштейну и Шрёдингеру такой взгляд представлялся нелепым. Эйнштейн верил в «объективную реальность», здравый смысл, ньютоновский взгляд на мир, где объекты существовали в одном определенном состоянии, а не как сумма множества возможных состояний. Тем не менее в основе современной цивилизации лежит именно такая необычная интерпретация. Без нее не смогла бы существовать современная электроника (да и атомы нашего тела тоже). (В обычном мире мы иногда шутим, что невозможно быть «немножко беременной». Но в кван-



товом мире дело обстоит еще хуже. Женщина в нем существовала бы как сумма одновременно всех возможных состояний ее тела: она была бы одновременно небеременной, беременной, девочкой, старухой, девушкой, деловой женщиной и т. п.)

Существует несколько способов разрешить этот неприятный парадокс. Основатели квантовой теории верили в так называемую копенгагенскую интерпретацию и считали, что, как только вы откроете ящик, вы сможете провести измерения и определить, жива кошка или мертва. После этого — все. Волновая функция «зафиксировалась» в одном из состояний; после этого здравый смысл берет верх. Волны исчезают, остаются одни частицы. Это означает, что кошка наконец приходит в определенное состояние (или живое, или мертвое), и ее уже не нельзя описывать волновыми функциями.

Таким образом, существует невидимый барьер, разделяющий причудливый мир атомов и макроскопический мир людей. В атомном мире все описывается через волны вероятностей, и атомы могут находиться в нескольких местах одновременно. Чем больше волновая функция частицы в данной точке, тем больше вероятность обнаружить частицу именно здесь. Но в мире больших объектов волновые функции уже зафиксированы, и объекты существуют в определенном состоянии. В макромире царит здравый смысл.

(Когда к Эйнштейну приходили гости, он показывал на Луну и спрашивал: «Неужели Луна существует потому, что на нее смотрит мышь?» В каком-то смысле копенгагенская школа давала на этот вопрос положительный ответ.)

В большинстве серьезных учебников по физике с религиозной точностью излагается точка зрения копенгагенской школы, но многие физики-исследователи от нее уже отказались. Теперь у нас есть нанотехнологии, мы можем оперировать отдельными атомами — и получается, что атомами, которые то возникают, то исчезают, тоже можно произвольно манипулировать, хотя бы при помощи туннельного сканирующего

микроскопа. Таким образом, невидимой «стены», разделяющей микромир и макромир, не существует. Мир един.

В настоящее время у физиков нет единого мнения о том, как разрешить эту проблему, лежащую в самом сердце современной физики. На конференциях происходят жаркие споры, сталкиваются многочисленные теории. Кое-кто полагает, что должно существовать некое «космическое сознание», пронизывающее Вселенную. Объекты возникают, начинают существовать, когда производятся измерения, а измерения производят существа, обладающие сознанием. Следовательно, должно существовать единое космическое сознание, которое пронизывает всю Вселенную и определяет, в каком состоянии мы находимся. Некоторые подобно нобелевскому лауреату Юджину Вигнеру утверждают, что это доказывает существование Бога или, по крайней мере, некоего космического сознания. (Вигнер писал: «Невозможно было сформулировать законы [квантовой теории] совершенно последовательно без ссылки на сознание». Он даже проявил интерес к ведической философии индуизма, согласно которой нашу Вселенную пронизывает единое всеобъемлющее сознание.)

Еще один взгляд на парадокс кошки — идея «множественности миров», предложенная Хью Эвереттом в 1957 г. Эта теория утверждает, что Вселенная просто расщепляется надвое, причем в одной половине кошка остается живой, в другой — мертвой. Это означает, что каждый раз, когда происходит квантовое событие, параллельные вселенные размножаются или ветвятся. Существует любая вселенная, какая только может существовать. Чем причудливее вселенная, тем она менее вероятна, но все же такие вселенные существуют. Это означает, что существует параллельный мир, где нацисты выиграли Вторую мировую войну, и мир, где Великая испанская армада не была разбита и все теперь говорят по-испански. Другими словами, волновые функции никогда не схлопываются и не фиксируются в каком-то определенном состоянии. Они продолжают жить

своей жизнью, а Вселенная жизнерадостно ветвится и расщепляется на бесконечное число параллельных вселенных.

Физик Алан Гут из Массачусетского технологического института говорит: «Существует вселенная, где Элвис до сих пор жив, а Альберт Гор стал президентом». Нобелевский лауреат Фрэнк Вильчек говорит: «Нас мучает сознание того, что бесчисленное количество наших почти точных копий живет своей параллельной жизнью и что каждое мгновение возникает еще больше наших дублей, чтобы разделить с нами множество вариантов нашего будущего».

В настоящее время среди физиков набирает популярность концепция так называемой декогерентности. Эта теория утверждает, что все параллельные вселенные возможны, но наша волновая функция потеряла когерентность с ними (т.е. уже не колеблется в унисон с другими вселенными) и потому не может с ними взаимодействовать. Это означает, что вы в собственной гостиной сосуществуете с волновыми функциями динозавров, инопланетных пришельцев, пиратов, единорогов и каждый из обитателей свято верит в то, что именно его вселенная является «настоящей»; но все эти сосуществующие вселенные больше не «настроены в тон» друг с другом.

Нобелевский лауреат Стивен Вайнберг сравнивает такую ситуацию с настройкой радиоприемника. Вы прекрасно знаете, что ваша гостиная буквально затоплена сигналами десятков радиостанций со всех концов страны и мира. Но ваше радио настраивается только на одну частоту и, соответственно, только на одну станцию. При этом она «теряет когерентность» с остальными передающими станциями. (Суммируя, Вайнберг замечает, что концепция множественности миров — «убогая идея, но все остальные еще хуже».)

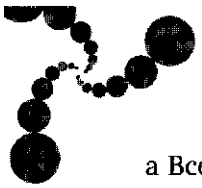
Подведем итог. Существует ли зловещая Федерация планет, которая грабит более слабые планеты и убивает без разбору своих врагов? Возможно, существует, но, если это так, мы потеряли когерентность с этой вселенной.

Квантовые вселенные

Хью Эверетт, конечно, пытался обсуждать свою теорию «множественности миров» с другими физиками, но получал в ответ только удивление или безразличие. Один из физиков, Брайс Девитт из Техасского университета, даже выступил против теории Эверетта, сказав: «Я просто не в состоянии почувствовать себя расщепленным». Но Эверетту такая реакция напомнила реакцию критиков Галилея, говоривших, что они не ощущают движения Земли. (Со временем Девитт перешел на сторону Эверетта и стал одним из ведущих сторонников этой теории.)

В течение нескольких десятилетий теория множественности миров прозябала в безвестности. Она просто казалась слишком фантастичной, чтобы быть верной. Джон Уилер, принстонский консультант Эверетта, в конце концов пришел к выводу, что эта концепция тянет за собой слишком много «лишнего багажа». Но в какой-то момент теория Эверетта неожиданно вошла в моду и сейчас она пользуется в мире физики серьезным интересом. Дело в том, что физики в настоящий момент пытаются применить квантовую теорию к последней области, которая до сих пор оставалась «неквантованной»: к самой Вселенной. А попытка применить принцип неопределенности ко всей Вселенной в целом естественным образом вызывает к жизни понятие Мультивселенной.

Понятие «квантовой космологии» на первый взгляд представляется терминологически противоречивым: ведь квантовая теория имеет дело с крохотным миром атомов, а в космологии идет речь о Вселенной в целом. Но подумайте вот о чем: в момент Большого взрыва Вселенная была гораздо меньше электрона. Любой физик согласится, что электрон следует рассматривать с точки зрения квантовой теории; это означает, что электрон описывается вероятностным волновым уравнением (уравнением Дирака) и может существовать в нескольких параллельных состояниях. Но если электрон следует квантовать,



а Вселенная была когда-то меньше электрона, значит, Вселенная тоже должна квантоваться и существовать в параллельных состояниях. Значит, эта теория естественным образом ведет к представлению о множественности миров.

Однако копенгагенская интерпретация Нильса Бора в приложении к целой Вселенной сталкивается с серьезными трудностями. Вообще, копенгагенская интерпретация, хотя ее и изучают в каждом курсе квантовой механики для аспирантов, нуждается в «наблюдателе», наблюдения которого, собственно, и вызывают схлопывание волновой функции. Получается, что для фиксации макромира в определенном состоянии процесс наблюдения совершенно необходим. Но как можно находиться «вне» Вселенной и наблюдать за Вселенной со стороны? Если Вселенную описывает некая волновая функция, то как может «внешний» наблюдатель определить конкретное состояние Вселенной и заставить эту функцию схлопнуться? Более того, некоторые ученые считают невозможность пронаблюдать Вселенную «извне» критическим, даже фатальным недостатком копенгагенской интерпретации.

В концепции «множественных миров» эта проблема решается очень просто: Вселенная просто существует одновременно во множестве параллельных состояний, которые определяются главной волновой функцией, известной под названием волновая функция Вселенной. Согласно квантовой космологии, Вселенная возникла как квантовая флуктуация вакуума, т. е. как крошечный пузырек пространственно-временной пены. Большинство новорожденных вселенных пространственно-временной пены переживает большой взрыв, а затем сразу — большое сжатие. Это означает, что даже в «пустоте» кипит непрекращающаяся активность, возникают и тут же пропадают крошечные вселенные, но масштаб этих событий слишком мал для наших грубых приборов. Однажды по какой-то причине один из пузырьков пространственно-временной пены не схлопнулся обратно и не исчез в собственном Большом сжатии, а продолжал расширяться.

Это и была наша Вселенная. Если послушать Алана Гута, то получится, что вся наша Вселенная — одна большая халява.

В квантовой космологии физики берут для начала аналог уравнения Шрёдингера, описывающего волновые функции электронов и атомов. Они используют также уравнение Девитта–Уилера, действующего на «волновой функции Вселенной». Обычно волновая функция Шрёдингера определена в каждой точке пространства и времени, поэтому мы можем вычислить вероятность обнаружения электрона в любой заданной точке пространства и времени. Но «волновая функция Вселенной» определена на множестве всех возможных вселенных. Если окажется, что эта волновая функция для конкретной вселенной велика, это будет означать, что данная Вселенная с большой вероятностью находится именно в этом состоянии.

Хокинг поддерживает именно эту точку зрения. Он утверждает, что наша Вселенная особая, она уникальна и отличается от всех прочих вселенных. Если волновая функция нашей Вселенной велика, то для большинства остальных она почти равна нулю. Получается, что существует ненулевая, но очень небольшая вероятность того, что в Мультивселенной могут существовать и другие вселенные, кроме нашей, но наша Вселенная существует с максимальной вероятностью. Вообще, Хокинг пытается таким образом логически обосновать явление инфляции. В этой картине мира вселенная, в которой начинается процесс инфляции, просто более вероятна, чем вселенная, где ничего подобного не происходит, поэтому в нашей Вселенной такой процесс имел место.

Теория о происхождении нашей Вселенной из «пустоты» пространственно-временной пены на первый взгляд представляется совершенно непроверяемой; тем не менее она согласуется с несколькими простыми наблюдениями. Во-первых, многие физики указывали на тот поразительный факт, что сумма положительного и отрицательного электрического заряда в нашей Вселенной равняется нулю — по крайней мере в пределах экспериментальной погрешности. Нам кажется естественным,

что доминирующей силой в космосе является гравитация, но ведь происходит это лишь потому, что отрицательные и положительные заряды в точности компенсируют друг друга. Если бы на Земле существовал хотя бы малейший дисбаланс между положительными и отрицательными зарядами, электрические силы, вполне возможно, преодолели бы силы гравитационного притяжения, связывающие Землю воедино, и просто разорвали бы нашу планету. Точное равновесие между суммарным положительным и отрицательным зарядами можно легко объяснить, в частности, тем, что Вселенная возникла из «ничего», а «ничто» обладает нулевым электрическим зарядом.

Во-вторых, наша Вселенная обладает нулевым спином. Курт Гёдель много лет пытался доказать, что наша Вселенная вращается, путем анализа и суммирования спинов различных галактик, но на сегодняшний день астрономы убеждены: суммарный спин нашей Вселенной равен нулю. Опять же этот факт можно легко объяснить тем, что Вселенная возникла из «ничего», а «ничто» обладает нулевым спином.

В-третьих, возникновение Вселенной из ничего помогло бы объяснить, почему суммарное содержание в ней вещества-энергии так мало, а возможно, вообще равно нулю. Если сложить положительную энергию вещества и отрицательную энергию, связанную с гравитацией, то, судя по всему, они в точности скомпенсируют друг друга. Согласно общей теории относительности, если Вселенная замкнута и конечна, то суммарное количество вещества-энергии в ней должно равняться в точности нулю. (Если Вселенная незамкнута и бесконечна, это не обязательно верно, но инфляционная теория указывает все же, что суммарное количество вещества-энергии в нашей Вселенной чрезвычайно мало.)

Контакт между вселенными

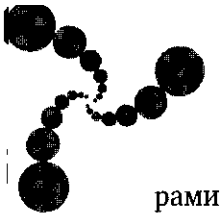
Все это оставляет открытым один интересный вопрос. Если физики не могут исключить возможность существования не-

скольких типов параллельных вселенных, то можно ли вступить с ними в контакт? Посетить их? Или, может быть, существа из других вселенных уже бывали в нашем мире?

Контакт с другими квантовыми вселенными, которые потеряли синхронность с нашей, представляется весьма маловероятным. Причина того, что наша Вселенная потеряла синхронность с другими вселенными, заключается в том, что наши атомы постоянно сталкивались с другими атомами окружающего мира. Каждый раз при столкновении волновая функция атома слегка «сжимается»; а значит, число параллельных вселенных уменьшается. Каждое столкновение уменьшает число возможных вариантов. Триллионы подобных атомных «миниколлапсов» создают в результате иллюзию того, что все атомы нашего тела полностью схлопнулись и застыли в определенном состоянии. «Объективная реальность» Эйнштейна — всего лишь иллюзия, возникающая благодаря тому, что громадное число атомов в нашем теле постоянно сталкивается друг с другом; и при каждом таком столкновении уменьшается количество возможных вселенных.

Эту ситуацию можно сравнить с расфокусированным изображением в объективе фотокамеры. Точно так же и в микромире все выглядит переменчивым и неопределенным. Но стоит вам чуть подправить фокусировку камеры, и на изображении появляются новые детали; с каждой поправкой картинка в целом становится все резче и резче. Так и триллионы крохотных столкновений атомов с соседними атомами раз за разом уменьшают число возможных вселенных. Таким образом, мы плавно переходим от переменчивого микромира к стабильному макромиру.

Поэтому вероятность взаимодействия с другой, подобной нашей, квантовой вселенной если и не равняется нулю, то стремительно падает вместе с ростом числа атомов в вашем теле. Но атомов в каждом из нас триллионы и триллионы, поэтому шанс наладить связь с другой вселенной, населенной динозав-



рами или инопланетянами, бесконечно мал. Можно посчитать, что ждать подобного события придется много дольше, чем будет существовать Вселенная.

Итак, мы не можем полностью исключить контакт с параллельными квантовыми вселенными, но очевидно, что событие это будет чрезвычайно редким — ведь наша Вселенная утратила когерентность с ними. Но в космологии мы встречаем и другой тип параллельной вселенной: это Мультивселенная, которая состоит из вселенных, сосуществующих одна с другой подобно мыльным пузырям в пенной ванне. Контакт с иной вселенной внутри Мультивселенной — совсем другая история. Это, безусловно, трудная проблема, но не исключено, что цивилизация III типа сумеет решить ее.

Как мы уже обсуждали, для того чтобы открыть дыру в пространстве или увеличить пространственно-временную пену, необходима энергия, сравнимая по порядку величины с планковской энергией, при которой рушатся вообще все известные физические законы. Пространство и время при этой энергии нестабильны, что открывает возможность покинуть нашу Вселенную (предполагая, разумеется, что иные вселенные существуют и мы не погибнем в процессе перехода).

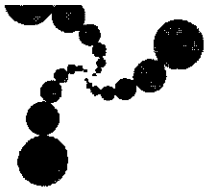
Вопрос этот, вообще говоря, нельзя назвать чисто академическим, потому что когда-нибудь перед разумной жизнью во Вселенной обязательно встанет проблема гибели Вселенной. В конце концов теория Мультивселенной может оказаться спасительной для всей разумной жизни нашей Вселенной. Недавно полученные со спутника WMAP данные подтверждают тот факт, что Вселенная расширяется с ускорением, и не исключено, что когда-нибудь всем нам будет грозить гибель в виде так называемого Большого мороза. Со временем вся Вселенная почернеет; все звезды в небесах погаснут и во Вселенной останутся только мертвые звезды, нейтронные звезды и черные дыры. Даже атомы наших тел, возможно, начнут распадаться. Температура упадет почти до абсолютного нуля, и жизнь станет невозможна.

По мере приближения Вселенной к этой точке продвинутая цивилизация, оказавшаяся перед лицом окончательной гибели своего мира, вполне может задуматься о переселении в иную вселенную. Выбор у этих существ будет невелик — замерзнуть насмерть или покинуть этот мир. Законы физики станут смертным приговором для любой разумной жизни — но эти же законы, возможно, предоставят разумным существам узенькую лазейку.

Такой цивилизации придется обуздать энергию гигантских ускорителей и лазерных лучей, равных по мощности целой солнечной системе или даже звездному скоплению, и сосредоточить ее в одной-единственной точке, чтобы получить легендарную планковскую энергию. Возможно, этого будет достаточно, чтобы открыть кротовую нору или путь в иную вселенную. Не исключено, что цивилизация III типа использует подвластную ей колоссальную энергию, чтобы создать кротовую нору и уйти через нее в другую вселенную, оставив собственную Вселенную умирать и начав в новом доме новую жизнь.

Новорожденная вселенная в лаборатории?

Некоторые идеи представляются поначалу практически неосуществимыми, но физики тем не менее рассматривают их вполне серьезно. Если, к примеру, мы попытаемся понять причину и ход Большого взрыва, нам придется тщательно проанализировать условия, которые могли дать этому явлению первоначальный толчок. Другими словами, нам придется задаться вопросом: «Как изготовить новорожденную вселенную в лаборатории?» Андрей Линде из Стэнфордского университета, один из создателей концепции инфляционной вселенной, говорит, что если мы научимся создавать новорожденные вселенные, то, «возможно, нам пора будет заново определить Бога как существо более сложное, чем просто творец Вселенной».



Сама по себе идея не нова. Много лет назад, когда физики вычислили энергию, необходимую для запуска Большого взрыва, «люди немедленно начали интересоваться, что произойдет, если в лаборатории сосредоточить большое количество энергии в одной точке — ну, скажем, выстрелить одновременно из множества пушек. Можно ли сконцентрировать достаточно энергии для запуска мини-варианты Большого взрыва?» — спрашивает Линде.

Если вы сумеете сосредоточить достаточное количество энергии в одной точке, то максимум, что вы получите, — это коллапс пространства-времени и черную дыру. Но в 1981 г. Алан Гут из Массачусетского технологического института и Андрей Линде предложили теорию «инфляционной вселенной», которая за прошедшее с той поры время привлекла к себе громадный интерес космологов. Согласно этой теории, Большой взрыв начался с фазы сверхскоростного расширения, гораздо более быстрой, чем считалось ранее. (Концепция инфляционной вселенной решает многие застарелые проблемы космологии — объясняет, к примеру, почему Вселенная настолько однородна. Куда, в какую бы точку ночного неба мы ни посмотрели, везде видим совершенно одинаковую однородную Вселенную, хотя после Большого взрыва прошло недостаточно времени, чтобы отдаленные ее части успели побывать в контакте. Ответ на эту загадку, согласно инфляционной теории, заключается в том, что вся видимая Вселенная образовалась из крохотного и относительно однородного «кусочка» пространства-времени.) Пытаясь объяснить начальный толчок, Гут предположил, что в начале времен существовали крохотные пузырьки пространства-времени, один из которых чрезвычайно сильно раздулся и превратился в сегодняшнюю Вселенную.

Теория инфляционной Вселенной одним махом ответила на множество космологических вопросов. Более того, она согласуется со всеми новыми данными, полученными со спутников COBE и WMAP. Это, бесспорно, ведущий кандидат на роль теории Большого взрыва.

Но теория инфляционной Вселенной поднимает и множество «неудобных» вопросов. Почему этот пузырек начал раздуваться? Почему сверхскоростное расширение прекратилось — а именно это, вообще говоря, стало причиной возникновения современной Вселенной? Если инфляционные процессы начались однажды, не могут ли они возникнуть снова? Как ни странно, хотя инфляционный сценарий представляет собой ведущую космологическую теорию, о причинах начала и прекращения инфляции почти ничего не известно.

Пытаясь найти ответ на эти мучительные вопросы, Алан Гут и Эдвард Фахри из MIT в 1987 г. задали еще один гипотетический вопрос: «Как могла бы высокоразвитая цивилизация заставить раздуваться собственную Вселенную?» Они считают, что ответ на этот вопрос позволил бы, возможно, ответить и на более глубокий вопрос: «Почему вообще началась инфляция Вселенной?»

Они обнаружили, что, если сосредоточить достаточное количество энергии в одной точке, там спонтанно будут возникать крохотные пузырьки пространства-времени. Но если эти пузырьки будут слишком маленькими, они снова исчезнут и пропадут в пространственно-временной пене. Чтобы иметь возможность раздуться до полноценной вселенной, пузырек должен быть достаточно большим.

Снаружи рождение новой вселенной выглядело бы не слишком впечатляюще — возможно, не страшнее взрыва 500-килотонной ядерной бомбы. Выглядело бы все так, как будто маленький пузырек исчез из имеющейся вселенной, оставив после себя небольшой ядерный взрыв. Но внутри пузырька при этом могла бы раздуться совершенно новая вселенная. Представьте себе мыльный пузырь, который расщепляется на два или порождает рядом крошечный новорожденный «дочерний» пузырек. Иногда этот крошечный мыльный пузырек стремительно раздувается в совершенно новый полноценный мыльный пузырь. Точно так же, находясь внутри новорожденной

вселенной, вы увидели бы невероятный взрыв пространства-времени и возникновение целой вселенной.

После 1987 г. было предложено множество теорий, призванных выяснить, сможет ли подпитка энергией превратить крупный пузырек в целую вселенную. Самой общепринятой, пожалуй, является теория о том, что неизвестная пока частица по имени «инфлатон» дестабилизирует пространство-время и заставляет пузырьки формироваться и раздуваться.

Последнее противоречие было выявлено в 2006 г., когда физики начали всерьез рассматривать новое предложение «запускать» рост новорожденной вселенной при помощи монополя. Хотя до сих пор монополи — частицы только с одним магнитным полюсом, северным или южным, — никто никогда не видел, считается, что первое время именно они преобладали в молодой Вселенной. Монополи настолько массивны, что их чрезвычайно трудно создать в лаборатории; но не исключено, что именно массивность позволит им при закачке дополнительной энергии «запустить» процесс инфляции новорожденной вселенной и превращения ее в полноценную вселенную.

Зачем физикам понадобилось создавать вселенные? Линде говорит: «В перспективе каждый из нас сможет стать богом». Но для стремления непременно создать новую вселенную есть и более реальная причина: возможно, в конце концов это поможет нам уцелеть при неизбежной смерти нашей Вселенной.

Эволюция вселенных?

Некоторые физики склонны уводить эту идею еще дальше к границам научной фантастики; *они задаются вопросом, не приложил ли разум* «руку» к созданию нашей Вселенной?

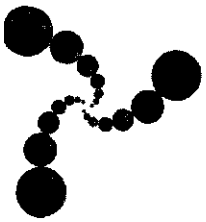
В картине мира, соответствующей теории Гута–Фахри, высокоразвитая цивилизация вполне может создавать новые вселенные, но все физические константы (т. е. массы электрона и протона, а также интенсивность четырех фундамен-

тальных взаимодействий) останутся прежними. А что, если высокоразвитая цивилизация была бы способна создавать новые вселенные с чуть иными, нежели их собственные, значениями физических констант? После этого новорожденные вселенные могли бы развиваться во времени, причем каждое поколение новорожденных вселенных слегка отличалось бы от прежнего.

Если рассматривать набор фундаментальных констант чем-то вроде ДНК вселенной, то получится, что разумная жизнь, вполне возможно, научится создавать новорожденные вселенные с чуть разными ДНК. Со временем созданные вселенные будут развиваться; при этом размножаться будут вселенные с наилучшей ДНК, допускающей возникновение и процветание разумной жизни. Физик Эдвард Харрисон на основании предыдущей идеи Ли Смолина выдвинул идею «естественного отбора» среди вселенных. Согласно этой идее, в Мультивселенной доминируют именно вселенные с наилучшей ДНК, что вполне согласуется с идеей возникновения высокоразвитых цивилизаций, а те, в свою очередь, создадут следующие новорожденные вселенные. «Выживание наиболее приспособленных» попросту означает выживание тех вселенных, которые наилучшим образом способствуют появлению высокоразвитых цивилизаций.

Эта картина, если она верна, объяснила бы, почему фундаментальные константы Вселенной «настроены» на жизнь. Это просто означало бы, что в Мультивселенной процветают и «размножаются именно вселенные с желаемыми (т. е. совместимыми с жизнью) константами.

(Такая концепция «эволюции вселенных» весьма привлекательна, поскольку способна разрешить проблему антропного принципа. Ее недостаток состоит в том, что подобная идея непроверяема и нефальсифицируема. Пока не появится полная теория всего, мы не сможем сказать об этой идее ничего разумного.)



В настоящее время наши технологии слишком примитивны, чтобы обнаружить присутствие «рядом» параллельных вселенных. Поэтому все это следует отнести ко II классу невозможности — невозможно сегодня, но не нарушает никаких законов природы. Не исключено, что через несколько тысяч или миллионов лет эти рассуждения лягут в основу новой технологии для цивилизации III типа.

ЧАСТЬ III

НЕВОЗМОЖНОСТИ III КЛАССА

14. ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Каждая теория проходит четыре стадии, прежде чем быть принятой:
1) это бесполезная чепуха;
2) это интересно, но неправильно;
3) это верно, но совершенно не важно;
4) да я всегда так говорил.

Дж. Холдейн (1963)

В классическом романе Айзека Азимова «Сами боги» никому не известный химик случайно наталкивается в 2070 г. на величайшее открытие всех времен — электронный насос, который позволяет даром получать неограниченное количество энергии. Его открытие оказывает на жизнь человечества немедленное и глубокое действие. Автора объявляют величайшим ученым всех времен — ведь он сумел утолить постоянную жажду энергии, которая владеет нашей цивилизацией. «Он стал в глазах всего мира Санта-Клаусом пополам с лампой Аладдина», — писал Азимов. Организованная им компания мгновенно вытесняет с рынка нефть, газ, уголь и ядерную энергетику и вскоре становится одной из богатейших корпораций планеты.

Мир купается в даровой энергии и пьянеет от новообретенного могущества. В общем праздничном гомоне тонет тревожный вопрос одинокого физика, обращенный к самому себе: «Откуда же берется вся эта бесплатная энергия?» Через некоторое время ему удается отыскать ответ и раскрыть тайну. Оказывается, цена бесплатной энергии ужасна. Энергия прихо-

дит к нам через дыру в пространстве, которая соединяет нашу Вселенную с параллельной вселенной, и неожиданный приток энергии в нашу Вселенную послужил спусковым механизмом для цепной реакции, которая со временем уничтожит звезды и галактики, обратит Солнце в сверхновую и погубит Землю.

С незапамятных времен священным граалем всех изобретателей, ученых, а также шарлатанов и мошенников Земли был сказочный «вечный двигатель» — устройство, способное работать бесконечно без всякого расхода энергии. Еще лучше, разумеется, если это устройство способно производить больше энергии, чем потребляет, — как и делает у Азимова электронный насос, производя бесплатную энергию в неограниченных количествах.

В недалеком будущем, когда в нашем индустриализированном мире постепенно закончится дешевая нефть, возникнет настоятельная необходимость отыскать достаточное количество новых источников чистой энергии. Быстрый взлет цен на бензин, падение производства, загрязнение окружающей среды — эти и многие другие факторы подпитывают возродившийся в последнее время активный интерес к энергетике.

Сегодня кое-кто из изобретателей, оседлавших эту волну, снова обещает энергию бесплатно и в неограниченных количествах и предлагает продать свое изобретение сотням миллионов. Десятки инвесторов периодически становятся в очередь, привлеченные сенсационными заголовками финансовых СМИ, которые часто превозносят этих проходимцев и объявляют их новыми эдисонами.

Идея вечного двигателя чрезвычайно популярна. В одном из эпизодов сериала «Симпсоны» Лайза во время забастовки учителей строит собственный вечный двигатель. Гомер, узнав об этом, строго одергивает ее: «Лайза, слушай сюда... в этом доме все подчиняются законам термодинамики!»

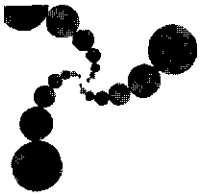
В сюжетах компьютерных игр, таких как Sims, Xenosaga I и II и Ultima IV, а также в мультсериале «Зим Завоеватель» вечному двигателю тоже отведена важная роль.

Но если энергия так ценна, то нельзя ли реально оценить наши шансы на создание вечного двигателя? Действительно ли подобные устройства невозможны или можно предположить, что для их создания потребуется пересмотреть законы физики?

История в зеркале энергии

Любой цивилизации жизненно необходима энергия. Более того, всю историю человечества в принципе можно рассматривать как историю энергетики. На протяжении 99,9% времени существования человечества примитивные сообщества вели кочевую жизнь, с трудом добывая пропитание охотой и собирательством. Жизнь человека была жестокой и короткой. Из энергии ему доступна была одна пятая лошадиной силы — сила его собственных мускулов. Исследование костных останков наших предков говорит о том, что человеку в те времена, чтобы выжить, приходилось выдерживать огромные нагрузки. Средняя ожидаемая продолжительность жизни составляла меньше 20 лет.

Но около 10 000 лет назад, после окончания последнего ледникового периода, люди открыли для себя земледелие и одомашнили животных, в первую очередь лошадь. Постепенно доступная человеку энергия выросла до одной или двух лошадиных сил. Это послужило толчком для первой великой революции в истории человечества. Упряжное животное — лошадь или бык — давало человеку достаточно энергии, чтобы в одиночку вспахать целое поле, проехать за день не один десяток миль, перевезти с места на место несколько сотен фунтов камней или зерна. Впервые в истории у людей появился избыток энергии — а в результате возникли первые города. Избыток энергии означал, что общество уже может прокормить целый класс специалистов: ремесленников, зодчих, строителей и писцов. Расцвели древние цивилизации. В джунглях и пустыне поднялись к небу великие пирамиды, возникли империи. Средняя ожидаемая продолжительность жизни достигла примерно 30 лет.



Около 300 лет назад произошла вторая великая революция в истории человечества — на помощь ему пришел пар. С появлением паровых машин уровень энергии, доступный одному человеку, подскочил до десятков лошадиных сил. Обуздав силу пара и заставив его вертеть колеса, человек теперь мог за несколько дней пересечь целый континент. Машины распахивали огромные поля и перевозили сотни пассажиров на тысячи километров; машины позволили нам построить громадные города из высотных зданий. К 1900 г. ожидаемая продолжительность жизни в Соединенных Штатах почти достигла 50 лет.

Сегодня мы можем наблюдать вокруг третью великую революцию в истории человечества — информационную. Взрывной рост населения, ненасытная жажда электричества и энергии привели к тому, что наша потребность в энергии подскочила до небес, а ее источники близки к истощению. Энергия, доступная отдельному человеку, теперь измеряется тысячами лошадиных сил. Нам кажется естественным, что один-единственный автомобиль может развивать мощность, соответствующую сотням лошадиных сил. Не удивительно, что растущая потребность в энергии подогревает интерес к нетрадиционным и неистощимым ее источникам, включая и вечный двигатель.

Вечный двигатель в истории

Поисками вечного двигателя люди занимались еще в глубокой древности. Первая документально подтвержденная попытка построить это чудо техники имела место в Баварии в VIII в. Изобретенная тогда машина стала на протяжении следующего тысячелетия прототипом для бесчисленных вариантов. Основой конструкции служило колесо с подвешенными на нем небольшими магнитами, напоминающими кабинки на колесе обозрения. Само это колесо помещали над лежащим на полу гораздо более мощным магнитом. Предполагалось, что при вращении колеса каждый магнит будет сначала притягиваться к неподвижному

большому магниту, затем отталкиваться от него, заставляя колесо вращаться и создавая таким образом вечное движение.

Еще одна хитроумная схема была изобретена в 1150 г. в Индии. Философ Бхаскара предложил изготовить колесо, которое должно было вращаться вечно. Предполагалось, что подвешенные к ободу дополнительные несбалансированные грузы будут постоянно раскручивать колесо. Опускаясь, груз произведет работу и провернет колесо, а затем вернется на свое место. Бесконечно повторяя этот цикл, утверждал Бхаскара, можно заставить колесо работать неограниченное время.

Баварская схема и схема Бхаскары, как и другие проекты вечного двигателя, во многом схожи: во всех присутствует колесо, способное без приложения энергии совершить один оборот и произвести при этом некую полезную работу. (Тщательное изучение этих хитроумных машин, как правило, показывает, что на самом деле в каждом цикле наблюдается потеря энергии.)

Эпоха Возрождения подстегнула усилия изобретателей и умножила число предложенных проектов. В 1635 г. был выдан первый патент на вечный двигатель. В 1712 г. Иоганн Бесслер, изучив предварительно около 300 схем, предложил собственную модель. (По легенде, его служанка позже разоблачила его машину как хитрое мошенничество.) Вечным двигателем интересовался даже великий художник и ученый эпохи Возрождения Леонардо да Винчи. На людях он разоблачал проекты вечного двигателя, сравнивая попытки его создания с поисками философского камня, а тайком рисовал в тетради сложные схемы самодвижущихся машин, таких как центробежный насос и самокрутящийся вертел.

К 1775 г. было предложено столько всевозможных вариантов, что Королевская академия наук в Париже постановила «не принимать больше и не рассматривать заявки, имеющие отношение к вечному движению».

Историк Артур Орд-Хьюм, изучающий проекты вечного двигателя, писал о фанатичной преданности изобретателей

своей идее, об их невероятном упорстве и сравнил их с древними алхимиками. Но, заметил он, «даже алхимик... понимал, когда надо признать поражение».

Розыгрыши и подделки

Стимулы к изобретению вечного двигателя были настолько сильны, что мошенничество и обман в этом вопросе стали обычным делом. В 1813 г. Чарльз Редхеффер продемонстрировал в Нью-Йорке машину, которая, к изумлению зрителей, производила даровую энергию в неограниченных количествах. (Но Роберт Фултон, тщательно обследовав машину, обнаружил скрытую ременную передачу, при помощи которой машина приводилась в движение. Передача шла на чердак, где спрятанный человек крутил ворот.)

Ученым и инженерам тоже случалось становиться жертвой всеобщего энтузиазма. В 1870 г. редакторы журнала *Scientific American* тоже были обмануты вечным двигателем, который построил некий Э. Уиллис. Журнал поместил статью под сенсационным заголовком «Величайшее открытие в истории человечества». Только позже удалось обнаружить, что у машины Уиллиса тоже был скрытый источник энергии.

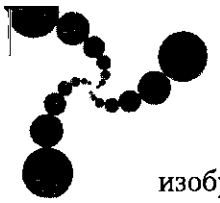
В 1872 г. некий Джон Эрнст Уоррел Келли провернул самую сенсационную и самую выгодную аферу своего времени; он обобрал инвесторов на 5 млн долл. — громадную по тем временам сумму. Его вечный двигатель состоял из камертонов, которые резонировали и, по утверждению автора, поддерживали связь с «эфиром». Оттуда машина и черпала будто бы свою энергию. Келли не имел никакого научного опыта; обыкновенно он приглашал потенциальных инвесторов к себе домой и поражал их своим гидропневмовакуумно-пульсационным двигателем, который при этом жужжал и крутился без всяких внешних источников энергии. Инвесторы, изумленные видом самодвижущейся машины, спешили пополнить своими деньгами казну изобретателя.

Позже кое-кто из разочарованных инвесторов обвинял Келли в мошенничестве; он даже провел некоторое время в тюрьме, что не помешало ему умереть богатым человеком. После смерти изобретателя инвесторы открыли хитроумный секрет его машины. Когда дом Келли разобрали по кирпичику, в стенах и полах обнаружились трубы, при помощи которых к машине из подвала тайком подавался сжатый воздух.

Даже ВМФ и президент США пали однажды жертвой подобного обмана. В 1881 г. Джон Гэмджи изобрел машину на жидком аммиаке. Испарение холодного аммиака должно было вызывать расширение газов и движение поршня, а значит, и работу машины за счет — ни много ни мало — тепла земных океанов. Военных моряков так захватила идея добывать неограниченное количество энергии прямо из океана, что они одобрили конструкцию машины и показали образец президенту Джеймсу Гарфилду. Единственная проблема состояла в том, что аммиак не хотел должным образом конденсироваться и превращаться обратно в жидкость — поэтому цикл никак не удавалось замкнуть.

Бюро патентов и торговых марок США, всегда получавшее очень много проектов вечного двигателя, отказалось выдавать патенты, пока не будет представлена действующая модель машины. Иногда — в очень редких случаях, когда эксперты не в состоянии обнаружить в представленной машине никаких дефектов, — патент все-таки выдается. В правилах Бюро сказано: «За исключением тех случаев, когда речь идет о вечном движении, Бюро не требует обязательного представления модели для демонстрации работоспособности устройства». (Недобросовестные изобретатели иногда пользуются этой лазейкой, чтобы показать наивным инвесторам, что Патентное бюро официально признает вечные двигатели; в этом случае инвесторы охотнее финансируют подобные изобретения.)

Тем не менее с научной точки зрения поиски вечного движения не были совсем уж бесплодными. Напротив, хотя ни одному



изобретателю не удалось представить миру вечный двигатель, неустанная погоня за этим сказочным устройством — трудно представить, сколько времени и энергии было на это потрачено, — помогла физикам тщательно изучить природу тепловых двигателей. (Точно так же, как бесплодные поиски философского камня, способного превращать свинец в золото, помогли открыть некоторые фундаментальные законы химии.)

К примеру, в 1760-х гг. Джон Кокс изобрел часы, которые на самом деле способны работать вечно, получая энергию от изменений атмосферного давления. Эти изменения улавливает барометр, который затем передают энергию на вращение часовых стрелок. Эти часы вполне работоспособны; такие модели существуют и сегодня. Они могут идти вечно, так как получают энергию извне в форме изменений атмосферного давления.

Вечные двигатели, подобные часам Кокса, со временем привели ученых к мысли о том, что машина — любая машина — может работать вечно только в том случае, если получает энергию извне; а это означит, что суммарная энергия сохраняется. Из этой теории берет начало первый закон термодинамики; он состоит в том, что совокупность вещества и энергии невозможно ни создать, ни уничтожить. Позже были установлены три закона термодинамики. Второй закон утверждает, что суммарная энтропия (количество беспорядка) всегда возрастает. (Грубо говоря, этот закон говорит, что тепло может спонтанно передаваться только от более горячих объектов к более холодным.) Третий закон утверждает, что достичь абсолютного нуля невозможно.

Если сравнить Вселенную с игрой, а целью игры объявить извлечение энергии, то три закона термодинамики можно сформулировать следующим образом:

«Невозможно получить что-то из ничего»
(первый закон).
«Невозможно поделить поровну» (второй закон).
«Невозможно выйти из игры» (третий закон).

(Физики очень осторожны; они заявляют, что эти законы не обязательно абсолютно верны при любых обстоятельствах. Тем не менее никаких отклонений от них до сих пор не обнаружено. Любому, кто захочет опровергнуть эти законы, придется выступить против нескольких веков тщательных научных наблюдений и экспериментов. Мы еще обсудим возможные отклонения от этих законов.)

Три закона термодинамики, как и многие высшие достижения науки XIX в., отмечены не только триумфом побед, но и человеческой трагедией. Великий немецкий физик Людвиг Больцман, сыгравший значительную роль в формулировании этих законов, покончил с собой — отчасти из-за противоречий, возникших в связи с их появлением.

Людвиг Больцман и энтропия

Больцман был невысоким здоровяком с бочкообразной грудью и громадной спутанной бородой. Однако за внушительной и даже пугающей внешностью скрывалась ранимая душа; а ран, защищая научные идеи, ему приходилось получать много. Хотя к XIX в. принципы ньютоновской физики уже прочно утвердились в науке, Больцман понимал, что никто еще не пытался применить известные законы к противоречивой концепции атомного строения вещества — концепции, которую тогда принимали далеко не все ведущие ученые. (Мы иногда забываем, что всего сто лет назад многие ученые упрямо верили, что атом вовсе не реальный объект, а всего лишь хитроумная уловка. Атомы настолько малы, утверждали они, что, скорее всего, их вовсе не существует.)

Ньютон показал, что движение любых объектов определяют механические силы, а не духи и не желания людей. Больцман воспользовался этим и элегантно вывел многие законы для газов при помощи простого предположения: он считал, что газы состоят из крошечных атомов, которые движутся подобно

бильярдным шарам и подчиняются ньютоновым законам сил. Для Больцмана комната, наполненная газом, была подобна коробке с триллионами крошечных стальных шариков, каждый из которых отскакивал от стенок коробки и от других шариков согласно ньютоновым законам движения. Больцман (и независимо от него Джеймс Клерк Максвелл) сделал величайший научный прорыв, когда математически показал, как из этого простого предположения можно вывести поразительные новые законы. Тем самым он положил начало новому направлению в физике — статистической механике.

Внезапно оказалось, что при помощи нескольких базовых принципов можно объяснить многие свойства вещества. Поскольку законы Ньютона требовали, чтобы энергия сохранялась даже в приложении к атомам, каждое столкновение между атомами должно было проходить с сохранением общей энергии; это, в свою очередь, означало, что для газа в комнате, со всеми все его триллионами атомов, энергия также сохранялась. Получалось, что закон сохранения энергии теперь можно не только получить экспериментальным путем, но и теоретически вывести из базовых принципов а именно из ньютоновского движения атомов.

Но в XIX в. само существование атомов все еще было под сомнением; даже видные ученые (к примеру, философ Эрнст Мах) не считали зазорным оспаривать и нередко даже высмеивать теорию атомного строения вещества. Больцман, человек ранимый и склонный к депрессии, вдруг обнаружил себя этаким общим громоотводом, главной мишенью для атак, нередко очень злых, всех противников атомной теории. Для них все, что нельзя измерить, — в том числе и атомы — просто не существовало. К унижению Больцмана добавлялось еще и то, что редактор видного немецкого физического журнала отвергал многие его статьи; редактор этот настаивал, что атомы и молекулы представляют собой скорее чрезвычайно удобный теоретический инструмент, чем реальные существующие в природе объекты.

Не выдержав всех этих нападок, в том числе и сугубо личных, в 1906 г. Больцман повесился, выбрав время, когда его жена с ребенком были на море. Очень печально, что этот выдающийся человек так и не понял, что год назад дерзкий молодой физик по имени Альберт Эйнштейн совершил невозможное: он написал первую статью, наглядно доказывающую существование атомов.

Суммарная энтропия всегда возрастает

Труды Больцмана и других физиков помогли прояснить природу вечного двигателя и даже разбить все существующие их схемы на два типа. Вечный двигатель первого типа нарушает первый закон термодинамики; это означает, что он попросту производит больше энергии, чем потребляет. В любом из подобных вечных двигателей физикам при тщательном исследовании физики удавалось обнаружить скрытые внешние источники энергии. Это могло быть как сознательным мошенничеством, так и результатом ошибки изобретателя.

Вечный двигатель второго типа — штука более сложная. В этих машинах соблюдается первый закон термодинамики, т. е. сохраняется энергия, но нарушается второй закон. Теоретически в вечном двигателе второго типа нет потерь тепла, поэтому он эффективен на 100%. Но второй закон термодинамики говорит, что такая машина невозможна — потери тепла должны быть обязательно, а количество беспорядка во Вселенной, иначе энтропия, всегда возрастает. Какой бы эффективной ни была машина, часть тепла непременно теряется, повышая таким образом энтропию Вселенной.

Тот факт, что суммарная энтропия всегда возрастает, лежит в самом сердце человеческой истории, да и матери-природы тоже. В сущности второй закон говорит нам, что ломать гораздо проще, чем строить. Иногда то, что создавалось тысячи лет, как, например, великая империя ацтеков в Мексике, может быть

разрушено за несколько месяцев; именно так произошло, когда потрепанная банда испанских конкистадоров с лошадьми и огнестрельным оружием потрясла основы империи и полностью разрушила сложный механизм.

Отмечая глубинную природу второго закона термодинамики, астроном Артур Эддингтон однажды сказал: «Мне кажется, что закон возрастания энтропии стоит выше других законов природы... если оказывается, что твоя новая теория противоречит второму закону термодинамики, оставь надежду; перед этим законом остается только униженно пасть».

Даже сегодня предприимчивые инженеры (и талантливые шарлатаны) продолжают время от времени изобретать вечный двигатель. Не так давно *Wall Street Journal* попросил меня высказать свое мнение о работе одного изобретателя, который успел уже убедить инвесторов вложить в изобретенную им машину миллионы долларов. В крупных финансовых газетах появились восторженные статьи; журналисты, ничего не смыслящие в науке, с придыханием писали о том, что это изобретение способно изменить мир (и, разумеется, принести попутно инвесторам сказочную, немыслимую прибыль). «Гений или безумец?» — кричали заголовки.

Инвесторы радостно спешили вложить деньги в новую машину — а она, между прочим, нарушала базовые законы физики и химии, изучаемые в средней школе. (Меня шокировало даже не то, что кто-то пытался обмануть неосторожных и оставить их с носом — подобными вещами люди занимались испокон веков. Удивительно другое: как легко удалось этому изобретателю обмануть богатых инвесторов и как плохо большинство людей понимает элементарную физику.) Я ответил журналу известной пословицей: «Дурак легко расстается с деньгами» и любимым афоризмом Финеаса Барнума: «Каждую минуту на Земле рождается простофиля». Наверное, не стоит удивляться тому, что *Financial Times, Economist и Wall Street Journal* дружно

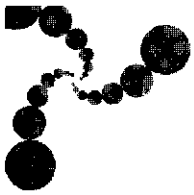
напечатали большие редакционные статьи о разных изобретателях и их замечательных вечных двигателях.

Три закона термодинамики и симметрия

Но все вышесказанное рождает и более глубокий вопрос: а почему, собственно, должны работать эти непогрешимые законы термодинамики? Эта загадка занимала ученых с того самого момента, когда эти законы были впервые сформулированы. Не исключено, что, зная ответ на этот вопрос, мы могли бы отыскать в законах термодинамики лазейки и сделать новые потрясающие открытия и изобретения, способные перевернуть мир.

В старших классах школы я испытал настоящее потрясение, когда узнал наконец истинную причину сохранения энергии. Оказывается, один из фундаментальных принципов физики (открытый математиком Эмми Нётер в 1918 г.) гласит: если система обладает симметрией, в ней обязательно действует какой-нибудь закон сохранения. Из предположения о том, что законы Вселенной не меняются со временем, следует поразительный результат: энергия в системе должна сохраняться. (Далее, если законы природы остаются неизменными, в каком бы направлении вы ни двигались, то сохраняется не только энергия, но и импульс в любом направлении. А если законы природы остаются неизменными при вращении, то сохраняется еще и угловой момент.)

Это буквально ошеломило меня. Я вдруг понял, что, анализируя звездный свет, дошедший до нас от далеких галактик с самой окраины видимой Вселенной, мы убеждаемся, что спектр этого света ничем не отличается от спектров, которые можно обнаружить на Земле. В свете, рожденном за миллиарды лет до появления и Земли, и Солнца, мы наблюдаем те же неоспоримые спектральные «отпечатки» водорода, гелия, углерода, неона и т. п., которые видим сегодня и на Земле. Другими словами, основные законы физики не изменились за миллиарды лет и одинаковы по всей Вселенной, до самых ее границ.



Я понял, что теорема Нётер означает как минимум, что энергия, вероятно, будет сохраняться если не вечно, то не один миллиард лет. Насколько нам в данный момент известно, ни один из фундаментальных законов физики со временем не изменялся, и потому закон сохранения энергии работает.

Теорема Нётер имеет для современной физики величайшее значение. Какую бы новую теорию ни придумали физики и о чем бы ни шла в ней речь — о происхождении Вселенной, о взаимодействиях кварков и элементарных частиц, об антивеществе, — мы обязательно начинаем с рассмотрения симметрии, которой подчиняется система. Вообще говоря, в настоящее время симметрия считается ведущим фундаментальным принципом в разработке любой теории. В прошлом на симметрию смотрели как на побочный результат теории — приятно, но не имеет большого значения. Сегодня мы понимаем, что симметрия — очень существенная и даже определяющая черта *любой теории*. Разрабатывая что-то новое, мы, физики, начинаем с симметрии, а затем уже выстраиваем вокруг нее теорию.

(Печально, но Эмми Нётер, как до нее Больцману, приходилось сражаться за признание не на жизнь, а на смерть. Ни один из ведущих институтов не готов был принять на постоянную работу женщину-математика. Наставник Нётер, великий математик Давид Гильберт, разъяренный очередной неудачной попыткой устроить Нётер на преподавательскую должность, воскликнул: «В конце концов, мы кто, университет или общество любителей бани?»)

В связи с этим возникает тревожный вопрос. Если энергия сохраняется только потому, что законы физики не меняются со временем, то не может ли быть, что в каких-нибудь необычных, редких обстоятельствах эта симметрия все-таки нарушается? Если в неожиданных и экзотических местах симметрия наших законов действительно нарушается, то и закон сохранения энергии в космических масштабах может нарушаться.

Подобная ситуация может возникнуть, в частности, если законы физики изменяются во времени или с расстоянием. (В романе Азимова «Сами боги» симметрия нарушается из-за пространственной дыры, соединившей нашу Вселенную с параллельной вселенной. В окрестностях этой дыры законы физики изменяются — и возникает возможность нарушения законов термодинамики. Точно так же, если существуют пространственные дыры, т. е. кротовые норы, может нарушаться и закон сохранения энергии.)

Кроме того, в настоящее время горячо обсуждается вопрос, может ли энергия появляться из ничего; этот момент тоже может оказаться удобной лазейкой.

Энергия из вакуума?

Вот мучительный вопрос: можно ли извлечь энергию из пустоты? Физики лишь недавно поняли, что на самом деле «пустота» вакуума вовсе не пуста, в ней кипит неиссякаемая активность.

Одним из активных сторонников и пропагандистов этой идеи был эксцентричный гений XX в. Никола Тесла — достойный соперник Томаса Эдисона. Кроме того, он был одним из сторонников «энергии из пустоты», т. е. идеи о том, что вакуум может содержать в себе неимоверные количества энергии. Если это правда, то вакуум станет олицетворением «бесплатного сыра» — «волшебным горшочком», способным извлекать энергию в любых количествах буквально ниоткуда. Вакуум, который раньше считали пустым и лишенным всякого вещества, окажется бездонным кладезем энергии.

Тесла родился в маленьком городке на территории нынешней Сербии и в 1884 г. прибыл в Соединенные Штаты без единого цента в кармане. Вскоре он стал помощником Томаса Эдисона — помощником настолько блестящим, что превратился в соперника. Противостояние этих двух знаменитостей историки окрестили «войной токов». Эдисон считал, что мир можно элек-

трифицировать при помощи машин постоянного тока, тогда как Тесла первым ввел переменный ток и успешно продемонстрировал, что его методы гораздо эффективнее методов Эдисона и допускают меньшие потери при передаче электричества на большее расстояние. Сегодня почти вся планета снабжается электричеством на базе патентов Теслы, а не Эдисона.

Всего у Теслы насчитывается больше 700 изобретений и патентов, некоторые из которых являются важнейшими историческими вехами современного электричества. Историки считают вполне вероятным, что Тесла придумал радио раньше, чем это сделал Гульельмо Маркони, официально признанный изобретателем радио, и работал с рентгеновскими лучами еще до их официального открытия Вильгельмом Рентгеном. (И Маркони, и Рентген позже были удостоены Нобелевской премии за изобретения, которые Тесла, вероятно, сделал на несколько лет раньше.)

Тесла также считал, что можно извлекать из вакуума энергию в неограниченных количествах, но, к сожалению, не привел в своих записках доказательства этого утверждения. На первый взгляд кажется, что «энергия пустоты» (или энергия, которая содержится в вакууме) нарушает первый закон термодинамики. Нет никаких сомнений в том, что энергия вакуума нарушает законы ньютоновой механики, но недавно вопрос о ней вновь возник на научном горизонте, но уже с совершенно нового направления.

Проанализировав данные со спутников, которые в настоящее время находятся на орбите, в частности со спутника WMAP, ученые пришли к поразительному выводу: не меньше 73% Вселенной состоит из темной энергии — энергии чистого вакуума. Это означает, что вакуум, разделяющий галактики, является одновременно величайшим резервуаром энергии Вселенной. (Эта темная энергия настолько колоссальна, что отталкивает галактики прочь друг от друга и может со временем разорвать Вселенную на части.)

ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Темная энергия наполняет всю Вселенную, все ее уголки, в том числе наши дома — и наши тела тоже. Количество темной энергии в космосе поистине астрономично и превосходит энергию всех звезд и галактик, вместе взятых. Можно также рассчитать количество темной энергии на Земле; окажется, что ее очень немного — слишком мало, чтобы подпитывать вечный двигатель. Тесла был прав: темная энергия существует; тем не менее в отношении количества такой энергии на Земле он ошибался.

А может быть, нет?

Один из самых неприятных пробелов в современной физике состоит в том, что никто не может теоретически рассчитать то количество темной энергии, которое мы измеряем при помощи спутников. Если проводить расчет с позиций современной атомарной физики, то полученное число разойдется с экспериментальным результатом на 120 порядков! Это единица со 120 нулями! Без сомнения, это самое значительное расхождение между теорией и экспериментом за всю историю физики.

Суть в том, что никто не знает, как посчитать «энергию пустоты». Это один из важнейших вопросов физики (ведь со временем ответ на него определит судьбу Вселенной!), но пока мы не представляем, как можно рассчитать количество этой энергии. Ни одна из теорий не объясняет темной энергии, хотя экспериментальные доказательства ее существования очевидны.

Итак, в вакууме действительно заключена энергия, как и подозревал Тесла. Но плотность этой энергии, скорее всего, слишком мала, чтобы ее можно было извлекать и использовать. В огромных межгалактических пространствах полно темной энергии, а вот на Земле ее умещается только чуть-чуть. Но самое неприятное, что никто не знает, откуда взялась эта энергия и как можно рассчитать ее количество.

Я убежден, что закон сохранения энергии обусловлен глубинными космологическими причинами. Любое нарушение этого закона непременно означало бы серьезные сдвиги в наших представлениях об эволюции Вселенной. И загадка темной

энергии заставляет физиков предпринимать новые и новые попытки решить этот вопрос.

Поскольку создание настоящего вечного двигателя может потребовать пересмотра фундаментальных законов физики на космологическом уровне, я склонен отнести вечный двигатель к III классу невозможности; это означает, на мой взгляд, что либо такой двигатель действительно невозможен, либо нам придется полностью пересмотреть наши представления о фундаментальной физике в космологическом масштабе — только в этом случае такая машина может получить право на существование. Что же касается темной энергии, то она остается одной из величайших незаконченных глав современной науки.

15. ПРЕДВИДЕНИЕ БУДУЩЕГО

Парадокс — это истина, вставшая на голову ради привлечения внимания.
Николас Фаллетта

Существует ли такая вещь, как ясновидение, или предвидение будущего? Эта древнейшая концепция присутствует в каждой религии; можно вспомнить оракулов Греции и Рима и ветхозаветных пророков. Но обратим внимание: в подобных сюжетах дар предвидения часто становится проклятием. В греческой мифологии есть миф о Кассандре, дочери царя Трои, которая своей красотой привлекла внимание солнечного бога Аполлона. Чтобы завоевать приглянувшуюся ему девушку, Аполлон даровал ей способность видеть будущее. Но Кассандра отвергла ухаживания Аполлона, и тот в припадке ярости исказил свой дар: теперь Кассандра могла видеть будущее, но ни один человек ей не верил. Кассандра предупреждала троянцев об уготованной им участи, но никто ее не слушал. Она предупреждала, что троянский конь — ловушка, она предсказала смерть Агамемнона и даже собственную гибель, но люди Трои, вместо того чтобы послушать совета, объявили ее сумасшедшей и заперли в башне.

Нострадамус в XVI в. и позже Эдгар Кейс тоже утверждали, что могут приподнимать завесу времени. Можно нередко услышать, что их предсказания сбылись (речь идет, в частности, о предсказании Второй мировой войны, убийства президента Кеннеди и падения коммунизма), но путаная аллегорическая

форма, в которую многие ясновидцы облекали свои предсказания, допускает самые разные, в том числе противоречащие друг другу, интерпретации. Катрены Нострадамуса, к примеру, изложены в такой общей форме, что каждый может прочитать в них все что угодно (что постоянно и происходит). В одном из четверостиший сказано:

Ревет огонь из центра мира, сотрясающий землю,
Земля вокруг нового города трепещет.
Двое великих будут воевать долго и бесплодно.
Нимфа источников заставит новую реку покраснеть.

Кое-кто утверждал, что этот катрен может служить доказательством того, что Нострадамус знал о разрушении башен-близнецов торгового центра в Нью-Йорке 11 сентября 2001 г. Но на протяжении столетий по этим же словам делались десятки иных интерпретаций. Ведь образы настолько неопределенны, что их можно понимать как угодно.

Предвидение будущего, кроме всего прочего, является любимым инструментом драматургов, описывающих обреченных королей и падение империй. В «Макбете» Шекспира пророчество служит центром сюжета и фокусом честолюбивых устремлений Макбета — ведь три ведьмы предсказывают ему возвышение и трон короля Шотландии. Предсказание ведьм еще сильнее разжигает его болезненное тщеславие, и он начинает кровавую и жуткую кампанию, уничтожает врагов, убивает невинных детей и жену своего соперника Макдуфа.

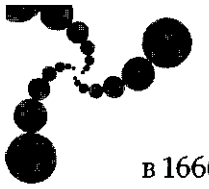
Совершив множество ужасных преступлений и захватив трон, Макбет узнает от тех же ведьм, что никто не сможет победить его в сражении, «пока не двинется наперерез на Дунсинанский холм Бирнамский лес»; кроме того, ему сообщают, что он «защищен судьбой от всех, кто женщиной рожден». Пророчество успокаивает Макбета, потому что лес не способен двигаться, а все люди рождаются от женщин. Но в конце концов

все сбывается — Бирнамский лес сходит с места, когда воины Макдуфа берут в руки ветви деревьев и скрытно подходят к лагерю Макбета; кроме того, оказывается, что сам Макдуф был не рожден, а вырезан из чрева матери.

Итак, прошлые пророчества слишком неопределенны, чтобы их можно было достоверно проверить; но есть один класс предсказаний, оценить которые совсем несложно, — это предсказания Судного дня и Конца света. В Библии, в книге «Откровение» последние дни Земли описаны в красочных подробностях; явление антихриста и окончательное Второе пришествие Христа сопровождаются хаосом и разрушением. Христианские мыслители всегда, с момента появления этих текстов, пытались предсказать точную дату описываемых событий.

Одно из самых знаменитых предсказаний Судного дня было сделано астрологами на 20 февраля 1524 г. на основании положения планет (Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна) на небесной сфере; было предсказано, что мир погибнет в великом потопе. Европу захлестнула массовая паника. В Англии 20 000 человек в отчаянии покинули свои дома. Вокруг церкви Св. Варфоломея была возведена крепость, набитая припасами, пищей и водой на два месяца. По всей Германии и Франции люди принялись лихорадочно строить большие ковчеги, которые могли бы уцелеть во время потопа. Граф фон Игтлехайм, к примеру, выстроил в преддверии этого судьбоносного события громадный трехъярусный ковчег. Но в назначенный день с неба всего лишь покапал легкий дождик. Настроение толпы резко изменилась; вместо страха людей охватил гнев. Те, кто успел распродать все имущество и полностью сломал свою жизнь, почувствовали себя обманутыми. Разъяренные толпы начали громить все вокруг. Графа забили камнями, а в давке погибло несколько сот человек.

Разумеется, пророчества жаждут не одни только христиане. В 1648 г. Саббатай Цви, сын богатого еврея из турецкой Смирны, объявил себя мессией и предсказал, что мир погибнет



в 1666 г. Цви был красив, харизматичен и хорошо знал мистические тексты Каббалы; ему удалось быстро собрать группу фанатичных последователей, которые распространили эту новость по всей Европе. Весной 1666 г. евреи таких отдаленных мест, как Франция, Голландия, Германия и Венгрия, начали складывать вещи и собираться на зов своего мессии. Но чуть позже в том же году Цви был арестован и брошен в темницу в цепях по приказу константинопольского великого визиря. Оказавшись перед лицом смертельной опасности, он театрально сбросил свои еврейские одежды, надел турецкий тюрбан и обратился в исламскую веру. Десятки тысяч его преданных сторонников покинули секту, испытав страшное разочарование.

Предсказания всевозможных пророков и сегодня оказывают влияние на людей, меняя жизни десятков миллионов людей по всему миру. К примеру, в США некий Уильям Миллер объявил, что Судный день наступит 3 апреля 1843 г. Весть об этом пророчестве разошлась по стране; совпавшее с ним случайное событие — впечатляющий метеорный дождь 1833 г., один из мощнейших в истории, — также очень усилило впечатление от миллеровского пророчества.

К 1843 г. Армагеддона ожидали уже десятки тысяч преданных последователей Миллера; они даже получили название миллеритов. Когда год исполнения пророчества начался, а затем и закончился, а Конца света так и не случилось, движение миллеритов раскололось на несколько больших групп. Последователей у Миллера было так много, что каждая из этих групп и сегодня заметна в религиозной жизни и обладает немалым влиянием. Одна из больших групп миллеритского движения в 1863 г. провела реорганизацию и изменила название; теперь она называется Церковью адвентистов седьмого дня и имеет в своих рядах около 14 млн окрещенных. Главным в учении адвентистов является скорое и неминуемое Второе пришествие Христа.

Еще один осколок движения миллеритов позже стал ориентироваться на труды Чарльза Тейза Расселла, отодвинувшего

дату Страшного суда на 1874 г. Когда и эта дата миновала, Расселл пересмотрел свое пророчество — основывалось оно на изучении египетских пирамид — и еще раз перенес дату, на этот раз на 1914 г. Позже эта группа получила название Свидетелей Иеговы; в настоящее время в ней состоит более 6 млн человек.

Другие сегменты миллеритского движения также продолжали пророчествовать — и каждый раз раскалывались, после того как очередное предсказание не сбывалось. Одна из небольших групп бывших миллеритов, отколовшаяся от Адвентистов седьмого дня в 1930-х гг., получила название Ветвь Давидова. Небольшая община этой секты в Вако, штат Техас, подпала под влияние молодого харизматичного проповедника по имени Дэвид Кореш, который с большим напором и гипнотической силой рассуждал о Конце света. Эта секта прекратила свое существование в 1993 г. в трагическом столкновении с ФБР; когда ревущий огненный ад поглотил поселок, заживо сгорели 76 членов секты, в том числе 27 детей и сам Кореш.

Можем ли мы видеть будущее?

Можно ли доказать при помощи строгих научных экспериментов, что некоторые люди способны видеть будущее? В главе 12 мы видели, что путешествия во времени в принципе не противоречат законам природы, но доступны лишь высокоразвитым цивилизациям III типа. Но может быть, предвидение доступно нам и сегодня на Земле?

Сложные и тщательно организованные тесты, проведенные в Центре Райна, вроде бы дают основания полагать, что некоторые люди действительно могут предвидеть будущее; а именно могут называть карты раньше, чем они будут открыты. Но многочисленные повторные эксперименты показали, что эффект этот очень слаб и часто вообще исчезает, если результат пытаются повторить другие исследователи.

На самом деле предвидение будущего трудно примирить с современной наукой, потому что в этом случае нарушается причинно-следственная связь, или закон причины и следствия. Причина должна предшествовать следствию, а не наоборот. Причинно-следственная связь встроена во все законы физики, которые удалось обнаружить до сих пор, и от ее нарушения рухнет все здание современной физики. Ньютонова механика прочно базируется на законе о причинно-следственных связях, а законы Ньютона настолько всеобъемлющи, что, зная точные координаты и скорости всех молекул во Вселенной, можно было бы рассчитать и будущее движение этих атомов. Таким образом, будущее можно рассчитать. В принципе ньютонова механика утверждает, что, имея в своем распоряжении достаточно мощный компьютер, можно вычислить все будущие события. По Ньютону, Вселенная похожа на гигантские часы, которые Бог завел в начале времен и которые с тех пор идут по Его законам. В теории Ньютона нет места предвидению.

Назад во времени

Однако если рассмотреть теорию Максвелла, сценарий окажется гораздо более сложным. При решении максвелловых уравнений для света мы получаем не одно, а два решения: не только «запаздывающую» волну, которая представляет собой обычное движение света из одной точки в другую, но еще и «опережающую» волну, которая представляет собой луч света, уходящий назад во времени. Это продвинутое решение выходит из будущего и приходит в прошлое!

В течение сотни лет любой инженер, встречая это «опережающее» решение, уходящее назад во времени, просто отбрасывал его как чисто математическую диковинку. Поскольку обычные волны Максвелла чрезвычайно точно предсказывали поведение радиоволн всех диапазонов, практики отбрасывали опережающее решение как ненужное и забывали о нем. Обыч-

ная волна была так хороша, красива и успешна, что инженеры просто игнорировали ее безобразную сестру-близнеца: от добра добра не ищут.

Но физикам опережающая волна все эти сто лет не давала спокойно спать. Уравнения Максвелла — один из столпов современности, поэтому к любому их решению следует отнестись очень серьезно, даже если для этого потребуется принять существование волн из будущего. Полностью игнорировать их было совершенно невозможно. Почему природа дала нам такое странное, причудливое решение — да еще на самом базовом уровне? Что это — жестокая шутка, или в этом есть какой-то глубокий смысл?

Интерес к опережающим волнам проявили и мистики; появились даже рассуждения о том, что это могут оказаться послания из будущего. Может быть, если как-нибудь обуздать эти волны, мы могли бы посылать сообщения в прошлое и сообщать предыдущим поколениям о грядущих событиях. К примеру, можно было бы посоветовать нашим прадедушкам и прабабушкам в 1929 г. продать все акции, не дожидаясь Черного четверга. Конечно, опережающие волны не позволили бы нам лично посещать прошлое — это все же не машина времени, — зато помогли бы организовать отправку в прошлое писем и сообщений с предупреждениями о ключевых событиях, которые еще не произошли.

Опережающие волны оставались загадкой, пока за их изучение не взялся Ричард Фейнман, которого всегда занимала идея вернуться в прошлое. После участия в Манхэттенском проекте, где была создана первая атомная бомба, Фейнман покинул Лос-Аламос и уехал в Принстонский университет работать под началом Джона Уилера. Анализируя первые работы Дирака по электрону, Фейнман обнаружил нечто очень странное. Если изменить направление времени в уравнении Дирака на обратное и одновременно изменить знак заряда электрона, то уравнение останется прежним. Другими словами, у Фейнмана полу-

чилось, что электрон, движущийся назад во времени, — это то же самое, что позитрон, который движется вперед во времени! В обычных обстоятельствах зрелый, сложившийся физик мог бы отбросить эту интерпретацию, посчитав ее просто фокусом, математической уловкой, не имеющей ни значения, ни физического смысла. Вообще, на первый взгляд кажется, что движение назад во времени лишено всякого смысла, но уравнения Дирака в этом отношении совершенно ясны. Другими словами, Фейнману удалось обнаружить причину, по которой природа разрешает существование этих обратных во времени решений: они представляют движение антиматерии. Будь Фейнман более опытным физиком, он, вполне возможно, выбросил бы это решение в корзину. Но будучи всего лишь выпускником, он решил пойти на поводу собственного любопытства и исследовать вопрос дальше.

Продолжая копаться в этом загадочном решении, молодой Фейнман заметил нечто еще более странное. Обычно если электрон и позитрон сталкиваются, они оба аннигилируют с одновременным образованием гамма-кванта. Он нарисовал схему происходящего на листе: два объекта сталкиваются и исчезают, а вместо них возникает всплеск энергии.

С другой стороны, если изменить заряд позитрона на противоположный, он превратится в обычный электрон, движущийся назад во времени. Тогда описанную диаграмму можно будет нарисовать заново — только ось времени окажется направлена в другую сторону. Вообще, все выглядит так, как будто электрон двигался вперед во времени, а затем неожиданно решил изменить направление. Он резко развернулся во времени и направился обратно, высвободив в момент разворота некоторое количество энергии. Другими словами, получилось, что это один и тот же электрон, а процесс аннигиляции электрона и позитрона — это просто момент разворота его во времени!

Таким образом, Фейнману удалось раскрыть тайну антивещества: это обычное вещество, движущееся назад во времени.

Простое наблюдение сразу же объяснило тот загадочный факт, что у каждой частицы непременно есть партнер-античастица: это потому, что все частицы способны двигаться назад во времени и при этом притворяться антивеществом. (Такая интерпретация эквивалентна уже упоминавшемуся «морю Дирака», но она проще, и на сегодняшний день именно она является общепринятой.)

Теперь представим, что у нас есть кусок антивещества, и мы сталкиваем его с обычным веществом, порождая сильнейший взрыв. В этот момент аннигилируют между собой триллионы электронов и триллионы позитронов. Но если мы поменяем направление стрелочки для позитрона и превратим его таким образом в электрон, движущийся назад во времени, то получится, что весь наш взрыв — это один и тот же электрон, который выписывает зигзаги и мечется вперед-назад во времени триллионы раз подряд.

Из всего этого можно было сделать и еще один любопытный вывод: в нашем куске вещества должен быть всего один электрон. Один и тот же электрон носился вперед и назад, выписывая во времени бесконечные зигзаги. Каждый раз, разворачиваясь во времени, он превращался в позитрон; но стоило ему развернуться обратно во времени, как он снова оборачивался обычным электроном.

(Общаясь со своим научным руководителем Джоном Уилером, Фейнман рассуждал, что во Вселенной, возможно, вообще всего один электрон, который носится туда-сюда во времени. Представьте себе, что из хаоса Большого взрыва родился один-единственный электрон. Когда-нибудь, через несколько триллионов лет, этот электрон доживет до катастрофы и гибели Вселенной; тогда он развернется и направится назад, к Большому взрыву, где еще раз поменяет направление движения во времени. Можно предположить, что этот электрон постоянно путешествует туда-сюда, от Большого взрыва до Судного дня. А наша Вселенная двадцать первого века — это просто временной срез путешествий этого электрона; мы видим одновременно триллионы электро-

нов и позитронов, т. е. видимую Вселенную. Конечно, эта теория может показаться странной, но она объяснила бы один любопытный факт квантовой теории: почему все электроны одинаковы. В физике невозможно различить электроны. Невозможно считать один из электронов зеленым, а другому, скажем, дать имя Джонни. У электронов нет индивидуальности. Невозможно «пометить» электрон, как ученые иногда помечают диких животных, чтобы их проще было отслеживать и изучать. Может быть, причина как раз в том, что во всей Вселенной есть один-единственный электрон, который просто носится туда-сюда во времени.)

Но если антивещество представляет собой обычное вещество, движущееся назад во времени, то нельзя ли с его помощью послать сообщение в прошлое? Может быть, можно послать сегодняшний номер *Wall Street Journal* в прошлое самому себе и как следует нажиться на биржевых спекуляциях?

Ответ очень прост: нет, нельзя.

Если мы рассматриваем антивещество как еще одну экзотическую форму вещества, а затем проводим с ним эксперименты, то в этом нет никакого нарушения причинно-следственной связи. Причина и следствие остаются на месте. Но если мы меняем направление оси времени для позитрона и отправляем его в прошлое, то это ничего не значит; мы всего лишь выполняем некую математическую операцию. Физика остается прежней, и в реальности ничего не меняется. Все экспериментальные результаты остаются на месте. Именно поэтому мы имеем полное право считать, что электрон бегает туда-обратно во времени. Но каждый раз, когда он движется в обратном направлении, он просто заполняет собой прошлое. Так что, похоже, для существования последовательной квантовой теории действительно необходимы опережающие решения из будущего, но по большому счету они не нарушают принципа причинности. (На самом деле все наоборот: если бы не было этих странных опережающих волн, принцип причинности в квантовой теории нарушался бы. Фейнман показал, что если мы введем в теорию понятия опережающих и за-

паздывающих волн, то те величины, которые могли бы вызвать нарушение причинности, очень аккуратно сократятся. Таким образом, антивещество необходимо для сохранения причинности. Без антивещества причинность может рухнуть.)

Фейнман продолжал копаться в этой безумной идее и добился-таки, чтобы она расцвела и превратилась в полную квантовую теорию электрона. Его детище, квантовую электродинамику, удалось экспериментально проверить до десятого знака после запятой, что делает ее одной из самых точных теорий всех времен. В 1965 г. она принесла Фейнману и его коллегам Джулиану Швингеру и Синъитиро Томонаге (Sin-Itiro Tomonaga) Нобелевскую премию.

(В своей нобелевской лекции Фейнман сказал, что в юности влюбился без памяти в эти самые продвинутые волны из будущего — точно так же, как мог бы влюбиться в хорошенькую девушку. Сегодня эта хорошенькая девушка выросла, стала взрослой женщиной и обзавелась множеством детей. Среди этих детей — и его теория квантовой электродинамики.)

Тахионы из будущего

Помимо «опережающих» волн из будущего (которые снова и снова доказывают свою полезность в квантовой теории), в квантовой теории существует еще одна необычная концепция, которая представляется столь же безумной, но, возможно, не столь полезной. Это гипотеза о тахионах, которые регулярно появляются в сериале «Звездный путь». Каждый раз, когда сценаристам «Звездного пути» требуется какой-нибудь новый вид энергии для некой магической операции, они привлекают тахионы.

Тахионы живут в странном мире, где все движется быстрее света. Теряя энергию, тахионы начинают двигаться быстрее — что, естественно, противоречит здравому смыслу. Мало того, тахион, полностью лишившийся энергии, движется с бесконеч-

ной скоростью. И наоборот, приобретая энергию, тахионы замедляются, пока не достигнут скорости света.

Особенно странными тахионы делает тот факт, что они обладают мнимой массой. (Говоря «мнимой», мы имеем в виду, что их масса умножается на корень квадратный из минус единицы, или i.) Если взять знаменитые уравнения Эйнштейна и заменить в них m на im, произойдет чудо. Скорость частиц внезапно станет больше скорости света.

Из-за этого возникают странные ситуации. Когда тахион летит сквозь вещество, он теряет энергию, поскольку сталкивается с атомами. Но, теряя энергию, он ускоряется, отчего столкновения только усиливаются и происходят чаще. По идее эти столкновения должны вызывать дальнейшую потерю энергии и, следовательно, дальнейшее ускорение. Возникает замкнутый круг, и тахион сам по себе, естественным образом, набирает бесконечную скорость!

(Тахионы отличаются и от антивещества, и от отрицательного вещества. Антивещество обладает положительной энергией, движется медленнее света и может быть получено в наших ускорителях частиц. Согласно теории, антивещество подчиняется закону тяготения и, как положено, падает вниз. Антивещество соответствует обычному веществу, движущемуся назад во времени. Отрицательное вещество обладает отрицательной энергией и тоже движется медленнее света, но под воздействием тяготения падает вверх, т. е. прочь от притягивающего тела из обычного вещества. Отрицательное вещество в лаборатории еще никто не видел. В теории в больших количествах оно может служить топливом для машины времени. Тахионы движутся быстрее света и обладают мнимой массой; как они ведут себя под воздействием силы тяжести, неясно. Их пока тоже не удалось получить в лаборатории.)

Тахионы, конечно, частицы очень странные, но физики серьезно их изучают; можно назвать, например, покойного Джеральда Фейнберга из Колумбийского университета и Джор-

джа Сударшана из Университета Техаса в Остине. Проблема в том, что никто никогда не видел тахиона в лаборатории. Надежным экспериментальным свидетельством существования тахионов было бы нарушение причинности. Фейнберг даже предлагал физикам исследовать лазерный луч до включения лазера. Если тахионы существуют, то не исключено, что свет лазерного луча можно обнаружить даже раньше, чем аппарат будет включен.

В научной фантастике тахионы регулярно используются как средство отправки сообщения в прошлое, предкам. Но из физики явления совершенно непонятно, возможно ли такое хотя бы теоретически. Фейнберг, к примеру, считал, что эмиссия тахионов, движущихся во времени вперед, точно соответствует поглощению тахионов с отрицательной энергией, движущихся во времени назад (аналогично положению с антивеществом), поэтому никакого нарушения причинности не происходит.

Если оставить фантастику в стороне, то в настоящий момент физики считают, что тахионы, возможно, существовали в момент Большого взрыва, нарушая причинность, но теперь их больше не существует. Более того, очень может быть, что тахионы сыграли существенную роль в том, что Вселенная вообще взорвалась. В этом смысле они играют важную роль в некоторых теориях Большого взрыва.

У тахионов есть еще одно забавное свойство. При введении в любую теорию они дестабилизируют «вакуум», т. е. самое низкоэнергетическое состояние системы. Если в системе присутствуют тахионы, значит, она находится в состоянии «ложного вакуума», а следовательно, нестабильна и будет разрушаться до состояния истинного вакуума.

Представьте себе плотину, которая удерживает воду в озере. Это и есть «ложный вакуум». Хотя плотина представляется вполне надежной, существует состояние с еще более низкой энергией. И если в плотине появляется трещина, вода начинает стремительно вытекать из озера и стекать на уровень моря — тогда-то система и достигает состояния истинного вакуума.

Точно так же считается, что Вселенная до Большого взрыва существовала в состоянии ложного вакуума, где были тахионы. Но их присутствие означало, что это не самое низкоэнергетическое состояние системы, а потому система нестабильна. Затем в ткани пространства-времени появилась крошечная «прореха», представляющая истинный вакуум. Прореха начала увеличиваться, появился пузырь. Вне пузыря тахионы по-прежнему существовали, но внутри их не было. С ростом пузыря появилась та Вселенная, которую мы знаем, — Вселенная без тахионов. Это и был Большой взрыв.

Одна из теорий, которую космологи воспринимают очень серьезно, состоит в том, что первоначальный процесс инфляции начал один-единственный тахион, известный как «инфлятон». Как мы уже упоминали, теория инфляционной Вселенной утверждает, что она возникла как крошечный пузырек пространства-времени, переживший сверхбыстрый период расширения (инфляции). Физики считают, что первоначально Вселенная существовала в состоянии ложного вакуума, где инфляционным полем был тахион. Но присутствие тахиона дестабилизировало вакуум, и образовались крошечные пузырьки. Внутри одного из этих пузырьков инфляционное поле оказалось в состоянии истинного вакуума. Этот пузырек начал стремительно раздуваться, пока не превратился в нашу Вселенную. Внутри нашего пузыря-вселенной инфляция исчезла, поэтому ее и не удается зарегистрировать в нашей Вселенной. Получается, что тахионы представляют собой причудливое квантовое состояние, в котором объекты движутся быстрее света и, быть может, даже нарушается причинность. Но тахионы давно исчезли, дав при этом, возможно, жизнь самой Вселенной.

Наверное, все это похоже на досужие рассуждения, которые невозможно проверить. Но первый эксперимент по проверке теории ложного вакуума начинается в 2008 г. с пуском в Швейцарии, в окрестностях Женевы, Большого адронного

коллайдера. Одна из основных задач БАК — обнаружение бозонов Хиггса, последней до сих пор не найденной частицы Стандартной модели, последней детали научной головоломки. (Частица Хиггса так важна и так неуловима, что нобелевский лауреат Леон Ледерман назвал ее «частицей-богом».)

Физики считают, что бозон Хиггса начал свое существование как тахион. В ложном вакууме ни одна из субатомных частиц не имела массы. Но присутствие тахиона дестабилизировало вакуум, и Вселенная перешла в новое состояние, к новому вакууму, в котором бозон Хиггса обернулся обычной частицей. После этого перехода — из состояния тахиона в состояние обычной частицы — субатомные частицы приобретают массу, которую мы сегодня измеряем в лаборатории. Таким образом, обнаружение бозона Хиггса не только поставит на место последнюю недостающую деталь Стандартной модели, но и подтвердит, что тахионное состояние когда-то существовало, но позже трансформировалось в обычную частицу.

Подведем итог. Ньютонова физика полностью отвергает возможность предвидения будущего. Железное правило причины и следствия никогда не нарушается. Квантовая теория допускает иные состояния вещества, такие как антивещество, которое соответствует обычному веществу, движущемуся назад во времени, но принцип причинности не нарушается. Более того, антивещество в квантовой теории необходимо для восстановления причинности. Тахионы на первый взгляд нарушают принцип причинности, но физики считают, что они исполнили свое предназначение — запустили механизм Большого взрыва и исчезли из нашей Вселенной.

Так что предвидение будущего, похоже, исключается, по крайней мере в обозримом будущем, а это значит, что его следует отнести к III классу невозможности. Если когда-нибудь удастся доказать при помощи воспроизводимых экспериментов, что предвидеть будущее все же можно, современную физику придется пересматривать до самого основания.

ЭПИЛОГ
БУДУЩЕЕ НЕВОЗМОЖНОГО

Не существует ничего достаточно крупного или достаточно безумного, что ни одно из миллиона технологических обществ не почувствовало бы себя обязанным сделать, — если, конечно, это физически возможно.

Фримен Дайсон

Судьба — это вопрос не случая, но выбора. Ее не следует дожидаться, следует идти к ней.

Уильям Дженнингс Брайан

Существуют ли истины, которые навсегда останутся недоступными для нас? Существуют ли кладези знаний, которые будут неподвластны даже продвинутой цивилизации? Из всех технологий, которые мы обсудили в этой книге, только вечный двигатель и предвидение будущего пришлось отнести к III классу невозможности. Существуют ли другие, столь же невозможные технологии?

В чистой математике полно теорем, доказывающих полную невозможность того или иного события. Простой пример: невозможно разделить угол натрое при помощи только циркуля и линейки; это доказано еще в 1837 г.

Даже в простых системах, таких как арифметика, существуют невозможные действия. Как я уже упоминал, невозможно доказать все истинные утверждения в арифметике в пределах

постулатов самой арифметики. В ней всегда будут существовать истинные утверждения, которые можно доказать только в пределах более крупной системы, подсистемой которой является арифметика.

Итак, в математике существуют вещи невозможные, но в физике очень опасно заявлять, что какое-то событие или действие абсолютно невозможно. Позвольте напомнить вам речь, которую произнес нобелевский лауреат Альберт Майкельсон в 1894 г. на церемонии открытия физической лаборатории Райерсона в Чикагском университете; Майкельсон заявил, что невозможно открыть какую бы то ни было новую физику: «Все самые важные фундаментальные законы и факты физической науки уже открыты и прочно утвердились; вероятность того, что их когда-нибудь в результате новых открытий сменят другие законы и факты, чрезвычайно мала... В будущем нам следует ожидать новых открытий лишь в шестом знаке после запятой».

Его замечания прозвучали буквально накануне величайших потрясений в истории науки — квантовой революции 1900 г. и открытия теории относительности в 1905 г. Дело в том, что события, которые мы сегодня считаем невозможными, нарушают известные нам законы физики — но ведь законы эти могут меняться.

В 1825 г. великий французский философ Огюст Конт в своем «Курсе философии» заявил, что наука никогда не сможет определить, из чего сделаны звезды. В то время это утверждение выглядело вполне резонным, ведь о природе звезд ничего не было известно. Ясно было, что находятся они очень далеко и добраться до них невозможно. Но всего через несколько лет после заявления Конта физики узнали (при помощи спектроскопии), что Солнце состоит из водорода. Более того, сегодня мы знаем, что путем анализа спектральных линий звезд, излучавших свет миллиарды лет назад, можно определить химический состав большей части Вселенной.

Конт бросил вызов научному миру, перечислив еще несколько «невозможных событий».

- Он утверждал, что «глубинная структура тел навсегда останется за пределами наших знаний». Другими словами, невозможно познать истинную природу материи.
- Он считал, что математика неприложима к биологии и химии. Он утверждал, что эти науки невозможно низвести до уровня математики.
- Он считал, что изучение небесных тел не может принести человечеству реальной пользы.

В XIX в. у философа были все основания для подобных заявлений, ведь фундаментальная наука тогда только зарождалась и мало что знала. Почти ничего не было известно о тайнах вещества и жизни. Но сегодня у нас есть атомная теория, открывшая новые просторы для научных исследований и изучения структуры вещества. Мы знаем о ДНК и квантовой теории, раскрывшей нам тайны жизни и химии. Мы знаем также о прилетающих из космоса метеоритах, которые не только оказали влияние на развитие жизни на Земле, но и, возможно, участвовали в ее зарождении.

Астроном Джон Барроу заметил: «Историки до сих пор обсуждают, не стали ли взгляды Конта одной из причин последовавшего вскоре упадка французской науки».

Математик Давид Гильберт, отвергая утверждения Конта, писал: «По-моему, подлинная причина того, что Конту не удалось найти ни одной действительно нерешаемой проблемы, заключается в том, что нерешаемых проблем не существует».

Но сегодня некоторые ученые пытаются составить новый список невозможных событий: мы никогда не узнаем, что происходило до Большого взрыва (или, скажем, что послужило его причиной); мы никогда не получим «теорию всего».

Физик Джон Уилер написал по поводу первого «невозможного» вопроса: «Двести лет назад можно было спросить у любого человека: "Сможем ли мы понять когда-нибудь, как возникла жизнь?" — и услышать в ответ: "Абсурд! Это невозможно!" Я примерно так же отношусь к вопросу "Поймем ли мы когда-нибудь, как возникла Вселенная?"».

Астроном Джон Барроу добавил: «Скорость света ограниченна, поэтому ограниченны и наши знания о структуре Вселенной. Мы не можем определить, конечна она или бесконечна, было ли у нее начало и будет ли конец, одинакова ли повсюду ее структура и вообще, в конце концов, упорядоченна Вселенная или нет... На все принципиальные вопросы о природе Вселенной — от начала ее и до конца — оказывается, невозможно ответить».

Барроу прав в том, что мы никогда не узнаем с абсолютной точностью подлинную природу Вселенной во всем ее великолепии. Но мы вполне способны отщипывать по кусочку от этих вечных неисчерпаемых вопросов и постепенно приближаться к истине. Утверждения о невозможности чего бы то ни было следует, вероятно, рассматривать не как абсолютные пределы нашего знания, а как вызов следующему поколению ученых. Эти пределы, подобно корочке пирога, возникают, чтобы быть разрушенными.

Эпоха до Большого взрыва

Что касается Большого взрыва, то в настоящий момент создается новое поколение приборов, которые, возможно, помогут нам разрешить некоторые вечные вопросы. Сегодня наши космические детекторы излучения регистрируют только микроволновое излучение, возникшее через 300 000 лет после Большого взрыва, когда сформировались первые атомы. Это излучение не в состоянии помочь нам разобраться в том, что было до этого, потому что излучение первоначального огненного шара было

слишком горячим и случайным, чтобы из него можно было извлечь какую-нибудь полезную информацию.

Но не исключено, что при помощи анализа других типов излучения мы сможем подобраться к Большому взрыву чуть ближе. К примеру, массу интересной информации обещает нам изучение нейтрино. Нейтрино настолько неуловимы, что могут пролететь сквозь свинцовый шар размером с Солнечную систему, поэтому нейтринное излучение может рассказать нам о том, что происходило через несколько секунд после Большого взрыва.

Окончательно же разобраться в тайнах Большого взрыва нам, возможно, помогут «гравитационные волны» — волны, бегущие по ткани пространства-времени. Физик Роки Колб из Чикагского университета говорит: «Определив свойства нейтринного фона, мы сможем заглянуть в момент через одну секунду после Большого взрыва. Но гравитационные волны из зоны инфляции возникли во Вселенной через 10^{-35} секунд после взрыва».

Первым предсказал гравитационные волны Эйнштейн в 1916 г.; возможно, со временем они станут важнейшим инструментом астрономии. Обращаясь к истории, можно сказать, что с обузданием каждой новой формы излучения в астрономии начиналась новая эра. Сначала был только видимый свет, при помощи которого Галилей изучал Солнечную систему. Затем к нему добавились радиоволны, которые со временем позволили человеку заглянуть в центры галактик и обнаружить там черные дыры. Не исключено, что детекторы гравитационных волн раскроют для нас — ни много ни мало — тайны творения.

В некотором смысле гравитационные волны просто обязаны существовать. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим старый как мир вопрос: что произойдет, если внезапно исчезнет Солнце? По Ньютону, мы почувствуем это немедленно. Земля мгновенно будет вышвырнута с орбиты и ввергнута во тьму. Дело в том, что закон всемирного тяготения Ньютона не принимает в расчет скорость взаимодействия, поэтому силы гра-

витации действуют мгновенно во всей Вселенной. Но, согласно Эйнштейну, ничто не может двигаться быстрее света, и информация об исчезновении Солнца достигнет Земли только через восемь минут. Другими словами, сферическая «ударная волна» гравитации выйдет из Солнца и лишь через некоторое время ударит по Земле. Вне сферической границы этой гравитационной волны будет казаться, что Солнце по-прежнему светит и находится на месте — ведь информация о его исчезновении еще не достигла Земли. Однако внутри сферы гравитационной волны Солнца уже не будет, потому что волна эта распространяется со скоростью света.

Еще один способ убедиться в том, что гравитационные волны должны существовать, — это представить себе очень большую простыню. Согласно Эйнштейну, пространство-время — это ткань, которую можно сворачивать или растягивать подобно простыне. Если схватить простыню за край и быстро потрясти, мы увидим, что по полотну побегут волны, или рябь, — причем побегут с определенной скоростью. Точно так же гравитационные волны можно уподобить ряби, бегущей по ткани пространства-времени.

Гравитационные волны принадлежат к самым стремительно развивающимся темам современной физики. В 2003 г. были введены в строй первые крупномасштабные детекторы гравитационных волн, получившие название LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory); эти детекторы имеют 4 км в длину и расположены в Хэнфорде, штат Вашингтон, и в Ливингстон-Пэриш, штат Луизиана. Ученые надеются, что детекторы LIGO, обошедшиеся нам в 365 млн долл., смогут зарегистрировать излучение от сталкивающихся нейтронных звезд и черных дыр.

Следующее крупное событие, вероятно, произойдет в 2015 г., когда начнется запуск спутников нового поколения, предназначенных для анализа гравитационного излучения в космосе с самого момента творения. Это совместный проект NASA и Европейского космического агентства; на околосолнечную

орбиту предполагается запустить три спутника, которые вместе составят систему с красивым именем LISA (Laser Interferometer Space Antenna — космическая антенна с лазерным интерферометром). Эти спутники смогут регистрировать гравитационные волны, возникшие менее чем через одну триллионную долю секунды после Большого взрыва. Проходя через один из спутников, гравитационная волна Большого взрыва, до сих пор гуляющая по всей Вселенной, потревожит лазерные лучи; эти изменения будут зарегистрированы и измерены с максимально возможной точностью и дадут нам «картинку» самого момента творения.

По проекту LISA состоит из трех спутников, которые обращаются вокруг Солнца и образуют треугольник; они соединены друг с другом при помощи лазерных лучей длиной по 5 млн км и вместе образуют самый большой научный инструмент, когда-либо созданный человечеством. Эта система из трех аппаратов будет обращаться вокруг Солнца на расстоянии около 50 млн км от Земли.

Каждый спутник будет испускать лазерный луч мощностью всего полватта. Сравнивая лазерные лучи, пришедшие от двух других спутников, каждый из спутников построит соответствующую интерференционную картину. Если гравитационная волна вызовет возмущение лазерных лучей, интерференционная картина изменится — и спутники смогут зарегистрировать это изменение. (Гравитационная волна не потревожит сами спутники и не заставит их колебаться. Результатом ее воздействия станут искажения пространства между тремя спутниками.)

Хотя лазерные лучи будут чрезвычайно слабыми, они позволят добиться поразительной точности измерений. Система сможет регистрировать колебания до одной доли из миллиарда триллионов — это примерно соответствует сдвигу в 1/100 долю размера атома. Каждый из лазерных лучей сможет уловить гравитационную волну с расстояния в 9 млрд световых лет, что покрывает бóльшую часть видимой Вселенной.

Потенциально чувствительности аппаратуры LISA должно хватить для того, чтобы различить несколько сценариев событий до Большого взрыва. На сегодня одна самых «горячих» тем теоретической физики — расчет характеристик Вселенной до Большого взрыва. В настоящее время инфляционная теория достаточно хорошо объясняет, как развивалась Вселенная после того, как произошел Большой взрыв. Но эта теория не в состоянии объяснить, почему, собственно, этот взрыв произошел. Таким образом, цель — рассчитать при помощи различных приблизительных моделей эры «до Большого взрыва» параметры гравитационного излучения, которое должно было возникнуть в момент самого взрыва. Каждая из теорий предсказывает свое. К примеру, излучение Большого взрыва, предсказанное теорией Большого всплеска, отличается от излучения, которое предсказывают некоторые инфляционные теории, и LISA, вполне возможно, сумеет исключить часть существующих на сегодня теорий. Очевидно, непосредственно проверить модели поведения Вселенной до Большого взрыва невозможно, поскольку для этого требуется понимать, как вела себя Вселенная до возникновения времени, но мы можем попытаться проверить их косвенно, ведь каждая из этих моделей предсказывает свой спектр излучения, возникающего после Большого взрыва.

Физик Кип Торн пишет: «Где-то между 2008 и 2030 гг. будут обнаружены гравитационные волны от сингулярности Большого взрыва. Это открытие послужит началом новой эры, которая продлится по крайней мере до 2050 г... Эти усилия раскроют тонкие детали и свойства сингулярности Большого взрыва и таким образом проверят, какая из версий теории струн представляет собой верную квантовую теорию гравитации».

Если LISA не сможет определиться с выбором одной из многих «довзрывных» теорий, это, возможно, удастся сделать ее преемнику — Наблюдателю Большого взрыва (Big Bang Observer, BBO). Его запуск предварительно планируется на 2025 г. BBO

сможет просканировать всю Вселенную в поисках двойных систем, включающих нейтронные звезды и черные дыры массой менее тысячи масс Солнца. Но главная его цель — изучить гравитационные волны, возникшие во время инфляционной фазы Большого взрыва. В этом смысле можно сказать, что BBO специально разработан для проверки предсказаний инфляционной теории Большого взрыва.

По устройству BBO напоминает LISA. Он будет состоять из трех спутников, согласованно обращающихся по орбите вокруг Солнца и разделенных расстоянием 50 000 км (эти спутники будут находиться друг к другу гораздо ближе, чем спутники системы LISA). Каждый спутник сможет излучать лазерный луч мощностью 300 Вт. BBO сможет регистрировать гравитационные волны с частотами, промежуточными между доступными для LIGO и LISA, и таким образом заполнит важный пробел. (LISA сможет регистрировать гравитационные волны с частотами от 10 до 3000 Гц, тогда как LIGO доступен диапазон от 10 мкГц до 10 мГц. BBO сможет регистрировать волны в широком диапазоне частот, включающем оба освоенных к тому времени диапазона.)

«К 2040 г. мы успеем уже воспользоваться этими законами [квантовой гравитации] и получить уверенные ответы на множество глубоких, ставящих в тупик вопросов, — пишет Торн, — в том числе... что было до сингулярности Большого взрыва и вообще, было ли что-нибудь "до"? Существуют ли иные вселенные? И если существуют, то как они соотносятся или связаны с нашей собственной Вселенной?.. Позволяют ли законы физики высокоразвитым цивилизациям создавать и поддерживать кротовые норы для межзвездных путешествий, а также создавать машины времени для путешествия в прошлое?»

Вывод таков: по всей видимости, в ближайшие десятилетия космические детекторы гравитационных волн дадут нам достаточно материала, чтобы разобраться в различных «довзрывных» теориях и сделать выбор между ними.

Конец Вселенной

Поэт Томас Элиот задал в свое время вопрос: умрет ли Вселенная в грохоте или в слезах? Роберт Фрост спрашивал: что нас погубит, огонь или лед? Последние данные указывают на то, что концом Вселенной станет Большой мороз; температура упадет почти до абсолютного нуля, а разумная жизнь исчезнет. Но можем ли мы утверждать это с уверенностью?

Кое-кто задается еще и таким вопросом о «невозможности»: разве можем мы узнать окончательную судьбу Вселенной, если это событие отделяют от нас триллионы и триллионы лет? Ученые считают, что темная энергия, или энергия вакуума, расталкивает галактики прочь друг от друга и заставляет их разлетаться со все возрастающей скоростью; похоже, Вселенная пошла вразнос. Расширение должно постепенно понижать температуру во Вселенной и в конце концов привести нас всех к Большому морозу. Но что, если это расширение временное? Возможно ли, что в будущем начнется обратный процесс?

К примеру, Большой всплеск — один из сценариев Большого взрыва, в котором Вселенная возникает при столкновении двух мембран, — предполагает, что мембраны, возможно, сталкиваются периодически. Если это так, то расширение, которое мы наблюдаем в настоящий момент и которое вроде бы должно привести к Большому морозу, — это всего лишь временное состояние, за которым последует обратный процесс.

Нынешнее ускоренное разбегание вселенных вызвано темной энергией, причиной существования которой, вероятно, служит «космологическая константа». Поэтому главное — понять эту загадочную константу, или энергию вакуума. Меняется ли эта константа со временем или она действительно постоянна? В настоящее время никто этого наверняка не знает. Данные спутника WMAP, находящегося в настоящее время на околоземной орбите, свидетельствуют о том, что именно эта космологическая

константа вызывает нынешнее ускорение разбегания Вселенной, но мы не знаем, постоянно такое состояние или нет.

На самом деле эта проблема не нова и восходит еще к 1916 г., когда Эйнштейн впервые ввел в свои уравнения космологический член. Предложив годом раньше общую теорию относительности, он тогда разрабатывал ее космологические следствия и обнаружил — к собственному немалому удивлению, — что Вселенная не статична, что она либо расширяется, либо сжимается. Но эта мысль, казалось, противоречила фактическим данным.

Эйнштейн столкнулся с парадоксом Бентли, терзавшим еще Ньютона. В 1692 г. достопочтенный Ричард Бентли написал Ньютону невинное письмо и задал страшный по сути вопрос. Если ньютонова сила тяготения способна только притягивать, спрашивал Бентли, то почему Вселенная не схлопывается? Если Вселенная состоит из конечного числа звезд, которые взаимно притягиваются, то все звезды по идее должны были бы слететься в одно место — и тогда вся Вселенная превратилась бы в один огненный шар! Ньютона это письмо очень расстроило — ведь оно указывало на важнейший недостаток его теории: любая теория тяготения, которая предусматривает только притяжение, по сути своей нестабильна. Любое конечное число звезд неизбежно коллапсирует под действием силы притяжения.

Ньютон написал в ответ, что единственный способ создать стабильную Вселенную, — это считать, что в ней бесконечное число равномерно распределенных звезд; при этом каждую звезду тянут во все стороны, и все силы взаимно компенсируются. Это было неглупое решение, но Ньютон был достаточно умен, чтобы понимать: такая стабильность обманчива. Самые слабые колебания заставят подобную систему развалиться, как карточный домик. Она «метастабильна»; т. е. стабильна до тех пор, пока любое слабое возмущение не вызовет ее коллапса. Ньютон заключил, что без Бога в этом деле не обойтись; именно Бог должен время от времени «подправлять» звезды и ставить их на места, чтобы избежать краха Вселенной.

Другими словами, Вселенная по Ньютону подобна гигантским часам, которые были заведены Богом в начале времен и теперь существуют, подчиняясь законам Ньютона. Будучи раз заведенной, дальше Вселенная живет сама, без божественного вмешательства. Тем не менее, согласно Ньютону, время от времени Бог должен подправлять звезды, чтобы не дать Вселенной схлопнуться в единый огненный шар.

Когда Эйнштейн в 1916 г. наткнулся на парадокс Бентли, уравнения правильно подсказали ему, что Вселенная динамична, она или расширяется, или сжимается; статичная Вселенная нестабильна и должна была бы схлопнуться под действием гравитации. Но астрономы в то время настаивали, что Вселенная статична и неизменна. Поэтому Эйнштейн, склоняясь перед наблюдательными данными астрономии, добавил космологическую константу — силу, противоположную тяготению и расталкивающую звезды прочь друг от друга; эта сила должна была компенсировать силу притяжения и противостоять коллапсу Вселенной. (Эта сила, противоположная гравитации, соответствовала энергии, заключенной в вакууме. Иначе говоря, Эйнштейн допустил, что громадные пустые пространства космоса содержат в себе большое количество невидимой энергии.) Предполагалось, что эту константу, которая должна точно компенсировать силу гравитационного притяжения, следует выбирать очень тщательно.

Позже, в 1929 г., когда Эдвин Хаббл показал, что в действительности Вселенная расширяется, Эйнштейн назвал космологическую константу своей «величайшей ошибкой». Однако теперь, 70 лет спустя, получается, что «ошибка» Эйнштейна — космологическая константа — может все-таки оказаться крупнейшим источником энергии во Вселенной; в ней заключено 73% всего вещества и энергии Вселенной. (Напротив, те элементы, из которых строятся наши тела, составляют всего лишь 0,03% Вселенной.) Очень может быть, что ошибка Эйнштейна определит окончательную судьбу Вселенной.

Но откуда взялась космологическая константа? В настоящее время этого никто не знает. В начале времени сила антитяготения была, возможно, достаточно велика, чтобы заставить Вселенную раздуваться и вызвать таким образом Большой взрыв. Затем она по неизвестным причинам внезапно исчезла. (В этот период Вселенная продолжала расширяться, но медленнее.) А затем, примерно через 8 млрд лет после Большого взрыва, сила антитяготения вновь проявила себя; она начала расталкивать галактики и снова ускорила разбегание Вселенной.

Итак, действительно ли «невозможно» определить окончательную судьбу Вселенной? Или все же возможно? Большинство ученых считает, что размер космологической константы определяется в конечном итоге квантовыми эффектами. Но простейший расчет по упрощенной версии квантовой теории показывает, что теоретическое значение космологической константы отличается от реального в 10 120 раз. Безусловно, это величайшая нестыковка в истории науки.

Но физики также сходятся во мнении о том, что эта странность просто означает, что нам не хватает теории квантовой гравитации. Поскольку космологическая константа возникает из квантовых поправок, необходимо построить «теорию всего» — теорию, которая позволит нам рассчитать не только Стандартную модель, но и размер космологической константы, которая определит окончательную судьбу Вселенной.

Таким образом, при определении окончательной судьбы Вселенной нам не обойтись без теории всего. Ирония ситуации заключается в том, что некоторые физики считают, что разработать такую теорию невозможно.

Теория всего?

Как я уже упоминал, лучшим кандидатом на роль теории всего является сегодня теория струн; но у этой точки зрения есть и противники, считающие, что теория струн не оправдывает

ожиданий. С одной стороны, такой ученый, как профессор MIT Макс Тегмарк, пишет: «Я думаю, что в 2056 г. уже можно будет купить футболку с формулами, описывающими унифицированные физические законы нашей Вселенной». С другой стороны, в настоящий момент формируется группа решительных критиков, которые утверждают, что теории струн еще предстоит многое доказать. Не важно, сколько появилось по ее поводу восторженных статей или документальных телефильмов; некоторые говорят, что теория струн пока не дала ни одного факта, который можно было бы проверить. Споры по этому поводу разгорелись с новой силой в 2002 г., когда Стивен Хокинг перешел в другой лагерь и, ссылаясь на теорему о неполноте, заявил, что теория всего вполне может оказаться даже математически невозможной.

Неудивительно, что жаркие споры вынудили одних физиков пойти против других физиков — ведь цель так благородна, хотя и ускользает с завидным постоянством. Стремление объединить все законы природы тысячелетиями дразнило и манило в равной степени и философов, и физиков. Сам Сократ однажды сказал: «Мне это представлялось наивысшим — знать объяснение всего, почему это появляется, почему гибнет, почему существует».

Первое серьезное предположение, имеющее отношение к теории всего, было выдвинуто около 500 г. до н.э.; считается, что примерно в это время греки-пифагорейцы разгадали математические законы музыки. Проанализировав узлы и колебания лирной струны, они сумели показать, что музыка подчиняется замечательно простым математическим правилам. Затем появились рассуждения о том, что, может быть, гармониями лирной струны можно объяснить все в природе. (В каком-то смысле современная теория струн возродила к жизни мечту пифагорейцев!)

Можно смело сказать, что уже в наше время чуть ли не все гиганты физики XX в. пробовали свои силы в разработке единой

теории поля. Но, как предостерегает Фримен Дайсон, «поле боя физической науки сплошь усыпано трупами унифицированных теорий».

В 1928 г. газета *New York Times* вышла с сенсационным заголовком: «Эйнштейн на пороге великого открытия; злится на непрошеное вторжение». Помещенная под ним заметка привела средства массовой информации в неистовство, возбудила вокруг теории всего журналистскую суматоху и довела напряжение в обществе до критической точки. Заголовки кричали: «Эйнштейн поражен суматохой вокруг новой теории! Держит 100 журналистов в напряжении целую неделю!» Десятки журналистов буквально роились вокруг его дома в Берлине и несли круглосуточную вахту, мечтая увидеть гения хотя бы краешком глаза и дать материал позабористее. Эйнштейн вынужден был скрываться.

Астроном Артур Эддингтон писал Эйнштейну: «Вас, может быть, позабавит известие о том, что один из крупнейших универсальных магазинов в Лондоне («Selfridges») поместил в витрине вашу статью (те самые шесть страничек в ряд на одном стенде), чтобы прохожие могли прочесть ее от начала до конца. У витрины собираются большие толпы, все читают». (В 1923 г. Эддингтон предложил собственную единую теорию поля, над которой затем неустанно работал до самой смерти в 1944 г.)

В 1946 г. Эрвин Шрёдингер, один из основателей квантовой механики, собрал пресс-конференцию, на которой озвучил свою единую теорию поля. На пресс-конференции появился даже премьер-министр Ирландии Эмон де Валера. Когда один из репортеров спросил, что он будет делать, если его теория окажется ошибочной, Шрёдингер ответил: «Я уверен, что прав. Если я не прав, я буду выглядеть полным идиотом». (Шрёдингер действительно почувствовал себя оскорбленным, когда Эйнштейн вежливо указал на ошибки в его теории.)

Самым яростным критиком всякой унификации был физик Вольфганг Паули. Он упрекал Эйнштейна, перефразируя

Библию: «Итак, что Бог разлучил, того человек да не сочетает». Он беспощадно громил любую недоработанную теорию, отпуская язвительные замечания: «Эту теорию нельзя даже назвать неверной». Тем не менее по иронии судьбы величайший скептик Паули сам заразился всеобщим безумием. В 1950-х гг. он вместе с Вернером Гейзенбергом предложил собственную единую теорию поля.

В 1958 г. Паули представил единую теорию Гейзенберга–Паули в Колумбийском университете. На Нильса Бора, присутствовавшего в зале, она не произвела особого впечатления. Бор встал и сказал: «Мы здесь, в задних рядах, убеждены, что ваша теория безумна. Но наши мнения разделились в том, достаточно ли она безумна». Теория подверглась уничижительной критике. Поскольку все очевидные варианты единой теории были давно рассмотрены и отвергнуты, истинная единая теория поля должна была выглядеть совершенно неожиданно и в корне отличаться от всех прежних версий. Теория Гейзенберга–Паули была попросту слишком традиционной, слишком обычной, слишком здравой, чтобы оказаться истинной. (В том же году Паули был очень встревожен, когда Гейзенберг заметил в одной из радиопередач, что в их общей теории не хватает лишь некоторых технических деталей. Паули отправил друзьям письмо с пустым прямоугольником и подписью под ним: «Таким образом я хочу продемонстрировать миру, что способен рисовать, как Тициан. Моему рисунку не хватает лишь технических деталей».)

Критика теории струн

На сегодняшний день ведущим (и единственным) кандидатом на роль теории всего является теория струн. Но возникла, естественно, и отрицательная реакция. Оппоненты утверждают: теперь, чтобы получить постоянную должность в одном из лучших университетов, вы должны непременно работать над теорией струн. Если вы не занимаетесь этой теорией, остане-

тесь без работы. Это повальное увлечение сегодняшнего дня — и физика, разумеется, от этого страдает.

Я только улыбаюсь, когда слышу подобные высказывания, — ведь физика, как любое другое человеческое занятие, подвержена увлечениям и моде. Судьбы великих теорий, особенно тех, что рождаются на острие человеческого познания, могут испытывать неожиданные и даже случайные взлеты и падения. Вообще, ситуация поменялась не так уж давно; исторически именно теория струн была изгоем, теорией-отступником и жертвой мейнстрима.

Теория струн зародилась в 1968 г., когда два молодых свежеиспеченных доктора — Габриель Венециано и Махико Судзуки — наткнулись на формулу, описывавшую вроде бы столкновения субатомных частиц. Вскоре обнаружилось, что эта чудесная формула может быть получена как описание столкновения колеблющихся струн. Но к 1974 г. работа над этой теорией практически замерла. Появившаяся на горизонте новая теория — квантовая хромодинамика, или теория кварков и сильного взаимодействия, — подобно колеснице Джаггернаута, давила своей мощью все остальные теории. Физики толпами бросали теорию струн ради работы над новой многообещающей теорией. Все финансирование, все рабочие места и признание доставались ученым, работавшим над кварковой моделью.

Я хорошо помню те темные годы. Над теорией струн продолжали работать только отъявленные упрямцы и авантюристы. А когда выяснилось, что струны, о которых идет речь, способны колебаться только в десятимерном пространстве, теория вообще стала объектом насмешек. Пионер теории струн Джон Шварц из Калифорнийского технологического иногда сталкивался в лифте с Ричардом Фейнманом. Фейнман, всегда любивший пошутить, частенько спрашивал: «Ну, Джон, сколько измерений в пространстве, где вы сегодня находитесь?» Мы даже шутили, что единственное место, где можно найти физика-теоретика — специалиста по теории струн, — это очередь на биржу труда.

(Нобелевский лауреат Мюррей Гелл-Манн, основатель кварковой модели, однажды признался мне, что из жалости к теоретикам-струнникам организовал у себя в Калифорнийском технологическом институте «заповедник для вымирающего вида, специалистов по теории струн», чтобы люди вроде Джона не лишились работы.)

Говоря о том, что сегодня многие молодые физики стремятся работать над теорией струн, Стив Вайнберг написал: «Теория струн представляет собой на данный момент единственного претендента на роль окончательной теории, — так можно ли ожидать, что многие способнейшие молодые теоретики не захотят работать над ней?»

Действительно ли теорию струн невозможно проверить?

Одно из главных возражений против теории струн состоит в том, что ее невозможно проверить. Ее противники утверждают, что для реальной проверки этой теории потребовался бы ускоритель частиц размером с галактику.

Но критики забывают о том, что очень многое в науке делается отнюдь не прямо; очень часто результат проще получить косвенным путем. Никто еще не побывал на Солнце, чтобы провести непосредственные измерения, но мы можем анализировать спектральные линии солнечного света и потому знаем, что Солнце состоит из водорода.

Или возьмем черные дыры. Теория черных дыр восходит к 1783 г., когда Джон Мичелл опубликовал статью в «Философских трудах Королевского общества». Он утверждал, что звезда может быть настолько массивной, что «весь излучаемый таким телом свет вынужден будет вернуться к нему под действием его собственной гравитации». В течение нескольких столетий теория темной звезды Мичелла влачила жалкое существование, поскольку проверить ее непосредственно было невозможно.

В 1939 г. Эйнштейн даже написал статью, в которой доказывалось, что подобная темная звезда не может сформироваться естественным путем. Главным аргументом было то, что темные звезды невозможно обнаружить по самой их природе — ведь они по определению невидимы. Но сегодня благодаря космическому телескопу имени Хаббла у нас есть великолепные доказательства существования черных дыр. В настоящее время мы убеждены, что в центрах галактик могут скрываться миллиарды черных дыр; в нашей собственной Галактике могут существовать десятки бродячих черных дыр. Но суть в том, что все данные о черных дырах получены косвенным путем; а именно мы получаем информацию о черной дыре путем изучения аккреционного диска, который вращается вокруг нее.

Более того, многие «непроверяемые» теории со временем становятся проверяемыми. На то, чтобы доказать существование атомов, предсказанных Демокритом, потребовалось две тысячи лет. Еще в XIX в. физика вроде Людвига Больцмана, верившего в атомную теорию, могли затравить насмерть, а сегодня у нас есть великолепные фотографии атомов. Великий скептик Паули ввел в 1930 г. понятие нейтрино — частицы настолько неуловимой, что она способна пролететь сквозь свинцовый шар размером с Солнечную систему и ни с чем при этом не провзаимодействовать. Паули сказал: «Я совершил страшный грех; я ввел частицу, которую невозможно пронаблюдать». Обнаружить нейтрино было «невозможно», поэтому в течение нескольких десятков лет необычная частица считалась чуть ли не фантастикой. А сегодня мы умеем создавать нейтринные пучки.

Уже запланировано несколько экспериментов, которые, как надеются физики, помогут косвенным образом проверить теорию струн.

• Большой адронный коллайдер, возможно, окажется достаточно мощным для получения суперчастиц, которые предсказаны теорией суперструн (как и други-

ми теориями суперсимметрии) и представляют собой высшие моды колебаний.

• Как я уже упоминал, в 2015 г. в космос будет запущена LISA — космическая антенна с лазерным интерферометром. LISA и ее преемник, Наблюдатель Большого взрыва, окажутся, возможно, достаточно чувствительными для проверки нескольких теорий о том, что было до Большого взрыва, включая и различные версии теории струн.

• Множество лабораторий сейчас пытаются обнаружить, действует ли в миллиметровом масштабе знаменитый ньютоновский закон о том, что сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния. Отклонения от этого закона могут говорить о существовании высших измерений. (Если существует, к примеру, четвертое пространственное измерение, то сила притяжения должна уменьшаться пропорционально кубу, а не квадрату расстояния.) Последняя версия теории струн (*М-теория*) утверждает, что *измерений на самом* деле 11.

• Многие лаборатории пытаются обнаружить темное вещество, или скрытую массу, ведь Земля движется в космическом потоке темного вещества. Теория струн позволяет сформулировать конкретные проверяемые предсказания о физических свойствах темного вещества — ведь оно, вероятно, представляет собой высшие колебания струн (например, фотино).

• Есть надежда, что серия дополнительных экспериментов (к примеру, эксперименты по определению поляризации нейтрино, проводимые на Южном полюсе) позволит обнаруживать черные мини-дыры и другие странные объекты путем анализа аномалий космических лучей с энергиями, превосходящими, возможно, энергии частиц в Большом адронном коллайдере.

Эксперименты с космическими лучами и с коллайдером откроют новые интересные горизонты, помимо Стандартной модели.

• Некоторые физики допускают, что сила Большого взрыва могла разогнать какую-нибудь крошечную суперструну до поистине космических масштабов. Физик Александр Виленкин из Университета Тафтса пишет: «Одна очень интересная возможность заключается в том, что суперструны... могут достигать астрономических масштабов... В этом случае мы могли бы пронаблюдать их в небе и таким образом напрямую проверить теорию суперструн». (Вероятность найти в космосе гигантскую реликтовую суперструну, сохранившуюся с момента Большого взрыва, очень мала.)

О неполноте физики

В 1980 г. Стивен Хокинг вновь разжег интерес к теории всего; он прочел лекцию под названием «Близится ли конец теоретической физики?», в которой сказал: «Возможно, мы увидим полную теорию еще при жизни некоторых из присутствующих здесь». Он утверждал, что с 50-процентной вероятностью полная и окончательная теория будет найдена в течение ближайших 20 лет. Но когда наступил 2000 г., а консенсуса по поводу теории всего по-прежнему не было, Хокинг изменил свое мнение и перенес ту же вероятность в 50% на следующие 20 лет.

Затем в 2002 г. Хокинг еще раз передумал и заявил, что теорема Гёделя о неполноте, вполне возможно, указывает на принципиальную ошибку в его первоначальных рассуждениях. Он написал: «Некоторые люди будут очень разочарованы тем, что не существует окончательной теории, которую можно сформулировать в конечном числе пунктов. Я раньше тоже принадлежал к этому лагерю, но теперь изменил мнение... Теорема Гёде-

ля гарантирует, что для математиков работа всегда останется. Я думаю, что М-теория сделает то же самое для физиков».

Его аргументы не новы: поскольку математика неполна, а языком физики является именно математика, в физике всегда будут существовать неподвластные нам истинные утверждения, а потому теории всего быть не может. Теорема о неполноте, убившая мечту греков о том, чтобы все истинные утверждения в математике были доказаны, сделает невозможным и создание теории всего.

Фримен Дайсон был более красноречив: «Гёдель доказал, что мир чистой математики неисчерпаем; никакое конечное число аксиом и логических правил не в состоянии охватить всю математику... Я надеюсь, что аналогичная ситуация существует и в мире физики. Если мой взгляд на будущее верен, то мир физики и астрономии тоже неисчерпаем; не важно, сколько пройдет времени, — мы всегда будем наблюдать новые явления и получать новую информацию; всегда будут появляться новые миры, которые можно исследовать, — постоянно расширяющиеся владения жизни, сознания и памяти».

Астрофизик Джон Барроу так обобщил этот логический подход: «Наука основана на математике; математика не в состоянии раскрыть все истины; следовательно, наука не в состоянии раскрыть все истины».

Подобные аргументы могут быть верны или неверны, но потенциальные недостатки у такой точки зрения имеются. Профессиональные математики по большей части игнорируют в своей работе теорему о неполноте. Дело в том, что теорема о неполноте начинает с анализа утверждений, которые ссылаются сами на себя; в логике такие утверждения называют самоотносимыми. Приведем примеры парадоксальных утверждений:

Это высказывание ложно.
Я лжец.
Это утверждение невозможно доказать.

В первом случае, если высказывание истинно, это значит, что оно ложно. Если высказывание ложно, то само утверждение истинно. Точно так же и во втором: если я говорю правду, это означает, что я лгу; а если я лгу, то я говорю правду. В последнем случае, если высказывание истинно, то доказать его истинность невозможно.

(Второе высказывание — это знаменитый парадокс лжеца. Критский философ Эпименид обычно иллюстрировал этот парадокс следующим утверждением: «Все критяне лжецы». Однако св. Павел не уловил смысла этого высказывания и написал в послании к Титу: «Из них же самих один стихотворец сказал: "Критяне всегда лжецы, злые звери, утробы ленивые". Свидетельство это справедливо».)

Теорема о неполноте строится на утверждениях вроде «Это высказывание нельзя доказать при помощи аксиом арифметики» и сплетает сложную паутину подобных самоотносимых парадоксов.

Хокинг, однако, использует теорему о неполноте, чтобы показать, что теория всего невозможна. Он утверждает, что ключ к теореме Гёделя — тот факт, что математика вообще самоотносима и что физика тоже страдает этой болезнью. Наблюдателя невозможно изолировать от процесса наблюдения; это означает, что физика всегда будет ссылаться сама на себя — ведь мы не в состоянии покинуть Вселенную. В конце концов, наблюдатель тоже состоит из атомов и молекул, а потому неизбежно является составной частью и участником эксперимента, который проводит.

Но существует способ обойти возражения Хокинга. Чтобы не сталкиваться с парадоксами, присущими теореме Гёделя, профессиональные математики сегодня поступают очень просто: они заранее исключают из своей работы самоотносимые высказывания. В этом случае теорему о неполноте можно обойти. Вообще, взрывное развитие математики со времен Гёделя в значительной степени достигнуто за счет игнорирования его теоремы

о неполноте, т. е. за счет постулирования того факта, что последние работы не допускают самоотносимых высказываний.

Точно так же может оказаться возможным сформулировать теорию всего, которая объяснит все известные экспериментальные данные вне зависимости от бесконечного спора об отделении наблюдателя от наблюдаемого явления. Если такая теория всего сможет объяснить все, начиная с Большого взрыва и заканчивая сегодняшней видимой Вселенной, то будет уже неважно, как именно мы опишем взаимодействие между наблюдателем и наблюдаемым. Более того, можно говорить об одном из критериев правильности такой теории: ее выводы должны быть совершенно независимы от того, как именно мы разделяем наблюдателя и наблюдаемое.

Скажем больше. Природа может быть беспредельной и неисчерпаемой, даже если она основана всего на нескольких принципах. Рассмотрим шахматную партию. Попросите пришельца с другой планеты определить правила только из наблюдений за игрой. Через некоторое время пришелец сможет уверенно сказать, как ходят пешки, слоны и короли. Правила игры просты и конечны. Но вариантов в ней поистине астрономическое количество. Точно так же законы и правила природы, возможно, просты и конечны, но приложения этих правил могут оказаться неисчерпаемыми. Наша цель — отыскать эти правила.

В определенном смысле у нас уже есть полная теория многих явлений. Никто никогда не видел, чтобы нарушались уравнения Максвелла для света. Стандартную модель часто называют теорией почти всего. Представьте на мгновение, что мы можем исключить гравитацию. В этом случае Стандартная модель становится вполне надежной теорией всех явлений, за исключением гравитации. Может быть, эта теория некрасива, но она работает. Даже теорема о неполноте не мешает нам обладать разумной теорией всего (за исключением гравитации).

Мне представляется поистине замечательным, что на одном листе бумаги можно записать законы, которые управляют всеми

известными физическими явлениями в пределах 43 порядков по величине — от дальних пределов космоса на расстоянии более 10 млрд световых лет до микромира кварков и нейтрино. На этом листе будет всего две формулы: теория гравитации Эйнштейна и Стандартная модель. По-моему, это говорит об абсолютной простоте и гармонии природы на фундаментальном уровне. Вселенная могла оказаться неправильной, случайной или непостоянной. Но мы видим, что на самом деле она едина, гармонична и красива.

Нобелевский лауреат Стив Вайнберг сравнивает наши поиски теории всего с поисками Северного полюса. На протяжении веков древние моряки пользовались картами, на которых Северный полюс просто отсутствовал. Стрелки всех компасов, все маршруты указывали на этот отсутствующий кусок карты, но в реальности никому не удавалось там побывать. Точно так же все наши данные и теории безошибочно указывают на теорию всего. Ее не хватает нам для полноты уравнений.

Всегда будут существовать вещи, лежащие далеко за пределами возможностей нашей науки; объекты и явления, которые невозможно исследовать (к примеру, точное положение электрона или мир, существующий по ту сторону скорости света). Но я убежден, что фундаментальные законы познаваемы и конечны. И ближайшие годы могут стать самыми интересными в истории физики — ведь нам предстоит исследовать Вселенную при помощи нового поколения ускорителей частиц, космических детекторов гравитационных волн и других новых технологий. Мы не в конце пути; скорее мы стоим на пороге новой физики. Но, что бы мы ни обнаружили, за любыми достижениями непременно откроются новые горизонты. Они ждут нас.

ПРИМЕЧАНИЯ

Введение

С. 15: «Такое происходило несколько раз...» Причина кроется в законах квантовой механики. Вводя в некую теорию все возможные квантовые поправки (утомительный процесс, известный как «перенормировка»), мы нередко обнаруживаем, что явления, которые раньше (на классическом уровне) казались запрещенными, снова появляются на горизонте и их необходимо принимать в расчет. Это означает, что любое явление, не запрещенное явным образом (к примеру, одним из законов сохранения), после введения квантовых поправок может вновь попасть в поле зрения ученых.

2. Невидимость

С. 44: «В теории этики и морали Платона невидимость играла главную роль». Во 2-й книге «Государства» Платон писал: «Ни один из них [обладателей перстня невидимости] не оказался бы настолько твердым, чтобы остаться в пределах справедливости и решительно воздержаться от присвоения чужого имущества и не притрагиваться к нему, хотя каждый имел бы возможность без всякой опаски брать что угодно на рыночной площади, проникать в дома и сближаться с кем вздумается, убивать, освобождать из заключения кого захочет — вообще действовать среди людей так, словно он равен богу... Если человек, овладевший такою властью, не пожелает когда-

либо поступить несправедливо и не притронется к чужому имуществу, он всем, кто это заметит, покажется в высшей степени жалким и неразумным...»

С. 48: «Натан Мирволд, бывший главный технолог фирмы Microsoft...» Nathan Myhrvold, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 69.

С. 51: «Вот почему он теперь отказывается...» Josie Glausiusz, Discover Magazine, November 2006.

С. 54: «Такая линза позволит получать...» «Metamaterials found to work for visible light», Eurekalert, www.eurekalert.org/pub_releases/2007-01, 2007. Also New Scientist Magazine, December 18, 2006.

3. Фазеры и Звезды смерти

С. 67: «Во время Второй мировой войны нацисты...» Кроме того, нацисты направили экспедицию в Индию для исследования некоторых мифологических утверждений индуизма (примерно как в сюжете фильма «Искатели утраченного ковчега»). Нацистов очень интересовало описанное в «Махабхарате» странное и весьма мощное оружие, в том числе летательный аппарат.

С. 67: «Оружие, представляющее собой сфокусированный световой луч...» Подобные фильмы стали также причиной распространения множества ложных представлений о лазерах. На самом деле лазерный луч невидим; видимым он становится только в том случае, если рассеивается частицами пыли в воздухе. Поэтому когда Тому Крузу в фильме «Миссия невыполнима» приходится пробираться сквозь паутину лазерных лучей, лучи эти по идее должны были бы быть невидимыми, а не красными, как в фильме. Кроме того, во многих кинематографических сражениях с применением лучевого оружия мы видим, как лазерный импульс летит через комнату — а это невозможно, поскольку свет лазера движется, понятно, со скоростью света 300 000 км/с.

С. 69: «Планк писал об Эйнштейне: "Тот факт, что иногда он промахивается..."» Asimov and Schulman, p. 124.

4. Телепортация

С. 90: «Самые ранние упоминания о телепортации можно обнаружить...» Лучше всего описанный случай телепортации датируется 24 октября 1593 г. В этот день некий Гиль Перес, солдат филиппинской дворцовой стражи, стоявший на посту в губернаторском дворце Манилы, появился внезапно на Плаза-Майор в Мехико-Сити. Ошеломленный и потерянный, он был тут же арестован мексиканскими властями, решившими, что он состоит в сговоре с сатаной. Представ перед судом святейшей инквизиции, он смог сказать в свою защиту лишь то, что перенесся из Манилы в Мексику «быстрее, чем прокукарекает петух». (Рассказ об этом мгновенном перемещении выглядит невероятным; историк Майк Дэш заметил, что самые ранние достоверные записи об этом происшествии сделаны примерно через сто лет после описываемого события, а потому им нельзя полностью доверять.)

С. 92: «Сэр Артур Конан Дойл, создатель знаменитого Шерлока Холмса...» Ранние произведения Конан Дойла отличаются методичностью и логикой, характерными для медицинской профессии; знаменитый дедуктивный метод Холмса является выражением именно такого подхода к жизни. Так почему же позже Конан Дойл резко отошел от холодной рациональной логики Холмса и переключился на головокружительные приключения профессора Челленджера, который не прочь был заглянуть в запретные миры мистицизма, оккультизма и пограничных для науки областей человеческого опыта? Автор в корне переменился после гибели в Первой мировой войне нескольких близких и родных ему людей, в том числе любимого сына Кингсли, брата, двух зятьев и двух племянников. Эти потери навсегда оставили в его душе глубокий эмоциональный шрам.

Подавленный трагической гибелью близких, Конан Дойл с головой погрузился в мир оккультизма, увлечение которым не покидало его уже до конца жизни. Возможно, он верил, что спиритуализм поможет ему связаться с душами любимых людей. Он резко перешел от мира рациональной науки к мистицизму и начал читать по всему миру ставшие знаменитыми лекции о необъясненных психических явлениях.

С. 96: «Гейзенберг сумел формализовать этот факт, предложив принцип неопределенности...» Точнее, принцип неопределенности Гейзенберга утверждает, что неопределенность (стандартное отклонение) положения частицы, умноженная на неопределенность ее момента, должна быть больше или равна постоянной Планка, деленной на 2π. Или произведение неопределенности энергии частицы на неопределенность ее времени также должно быть больше или равно постоянной Планка, деленной на 2π. Если мы устремим постоянную Планка к нулю, то получим обычную ньютоновскую физику, где все неопределенности равны нулю.

Триггви Эмилссон позволил себе сострить по поводу того факта, что невозможно одновременно знать точное значение координаты, момента, энергии или времени электрона: «Историки пришли к выводу, что Гейзенберг, разрабатывая принцип неопределенности, думал о своей интимной жизни: когда есть время, не хватает энергии, а когда момент подходящий, невозможно определиться с позицией». Barrow, Between Inner Space and Outer Space, p. 127.

С. 96–97: «По крайней мере о себе могу сказать точно: я убежден, что Он не играет в кости...» Kaku, Einstein's Cosmos, p. 127.

С. 99: «Сокрушаясь по поводу бесспорного экспериментального успеха квантовой теории, Эйнштейн писал...» Asimov and Schulman, p. 211.

С. 101: «Все изменилось в 1993 г., когда ученые из IBM...» Предположим на мгновение, что можно телепортировать

макроскопические объекты, включая и людей. При этом возникает немало тонких философских и теологических вопросов о том, что происходит с «душой» при телепортации человека. Если вы мгновенно перемещаетесь из одного места в другое, то переносится ли вместе с вами и ваша душа?

Патрик Келли в рассказе «Думать как динозавр» исследовал еще один вопрос этики, связанный с телепортацией. Сюжет рассказа строится на том, что женщина готовится к телепортации на другую планету, но в процессе передачи сигнала возникает сбой. В результате тело путешественницы не уничтожено, нетронутыми остались и ее эмоции, а в месте назначения возникла ее точная копия, которая, естественно, отказывается войти в кабинку для телепортации и быть уничтоженной. Возникает кризис, поскольку хладнокровные инопланетяне, снабдившие человечество этой технологией, рассматривают проблему под чисто практическим углом: для поддержания равновесия одна из копий должна быть уничтожена. Подверженные эмоциям люди не могут так легко разрешить эту дилемму.

В большинстве фантастических произведений телепортация преподносится как благо. А вот Стивен Кинг в рассказе «Долгий джонт» рассмотрел опасные побочные явления, которыми он может сопровождаться. В будущем телепортация стала обычным явлением и получила название «джонт». Рассказ начинается с того, что отец перед телепортацией на Марс рассказывает детям историю открытия джонта. Ученый, первым обнаруживший это явление, телепортировал мышей, но благополучно переносили телепортацию только те мыши, которых предварительно усыпили. Мыши, бодрствовавшие во время переноса, умирали страшной смертью. Поэтому людей всегда усыпляют перед телепортацией, это обычная процедура. Единственным человеком, прошедшим через телепортацию в состоянии бодрствования, стал приговоренный преступник, которому за участие в эксперименте было обещано полное прощение.

Но после телепортации он умер от обширного инфаркта, успев произнести только: «Там вечность».

К несчастью, сын этого человека так заинтересовался этой таинственной историей, что решил задержать дыхание и не спать. Результат оказался трагичным. После телепортации мальчик внезапно сошел с ума. У него побелели волосы, глаза пожелтели, он пытается выцарапать себе их. Тайна раскрыта. Если вещество при телепортации переносится мгновенно, то для сознания путешествие занимает целую вечность; время представляется бесконечным, и человек лишается рассудка.

С. 104: «Как пояснил один из исследователей Евгений Ползик, впервые была проведена...» Curt Suplee, «Top100 Science Stories of 2006», *Discover Magazine*, December 2006, p. 35.

С. 104: «Речь идет о луче из примерно 5000 частиц...» Zeeya Merali, *New Scientis Magazine*, June 13, 2007.

С. 110: «Если повезет, при помощи последних теоретических достижений...» David Deutsch, *New Scientis Magazine*, November 18, 2006, p. 69.

5. Телепатия

С. 113: «Репутация некоторых прославленных "телепатов" базировалась на...» Кроме того, на званом обеде можно демонстрировать поразительные достижения телепатии. Попросите каждого из присутствующих написать на листке бумаги какое-нибудь имя и соберите свернутые листки в шляпу. Затем доставайте каждый листок по очереди и, не открывая, произносите вслух написанное на нем имя. Аудитория будет поражена — ведь на их глазах совершается настоящее чудо. В самом деле, некоторые «маги» умудряются заработать себе славу и состояние в первую очередь за счет этого несложного трюка.

(На самом деле эта поразительная демонстрация чтения мыслей объясняется очень просто. Вы вытягиваете первый листок и прочитываете его про себя, а вслух объявляете, что не мо-

жете разглядеть его содержания из-за неподходящего состояния «психоэфира». Затем вы достаете из шляпы второй листок и, не открывая его, произносите вслух имя, которое прочли в первом. Человек, написавший это имя, будет поражен и решит, что вы прочли нераспечатанный второй листок. Теперь вы открываете второй листок и молча читаете его содержимое. Вытаскиваете третий запечатанный листок и объявляете вслух имя, прочитанное на втором. И так далее. Каждый раз, называя вслух имя, вы на самом деле оглашаете содержимое предыдущего листка.)

С. 118: «Игроки тоже способны... читать чужие мысли...» Психическое состояние человека можно приблизительно определить, если проследить в точности за движением его глаз, скажем, при разглядывании фотографии. Если направить тонкий луч света на глазное яблоко, то отраженный луч можно будет увидеть на стене или специальном экране. Движение отраженного луча света на стене позволит затем в точности восстановить, как движется глаз при разглядывании картинки. (К примеру, при разглядывании человеческого лица на фотографии взгляд наблюдателя, как правило, сначала бегает от одного глаза к другому, затем перемещается на рот, снова возвращается к глазам — и только после этого переходит к остальной части изображения.)

Если при разглядывании некоего изображения точно отслеживать размер зрачков, то можно определить, какие — приятные или неприятные — у человека возникают мысли при сканировании глазами конкретных участков картинки. Таким образом можно определить эмоциональное состояние человека. (К примеру, если убийце показать фотографию места преступления, он испытает сильные эмоции при разглядывании именно той части картинки, где находилось тело, — но ведь точное его положение знают только сам убийца и полиция!)

С. 114: «Первые научные исследования телепатии...» В Общество психических исследований входили лорд Рэлей (нобелевский лауреат), сэр Уильям Крукс (изобретатель «трубки Крукса», используемой в электронике), Шарль Рише (нобе-

левский лауреат), американский психолог Уильям Джеймс и премьер-министр Артур Бальфур. Общество поддерживали такие знаменитости, как Марк Твен, Артур Конан Дойл, Альфред, лорд Теннисон, Льюис Кэрролл и Карл Юнг.

С. 115: «Доктор Джозеф Бэнкс Райн работал...» Райн первоначально хотел стать священником, но затем, во время обучения в Чикагском университете, переключился на ботанику. Побывав в 1922 г. на лекции сэра Артура Конан Дойла, посвященной общению с душами умерших, Райн заинтересовался психическими явлениями. Позже он познакомился с книгой сэра Оливера Лоджа «Выживание человека», рассказывающей о будто бы имевшем место во время сеансов общении с умершими; книга еще укрепила интерес Райна. Его, однако, не удовлетворяло современное состояние спиритуализма — да и репутация этого занятия была сильно подпорчена некрасивыми историями о мошенничестве и обмане. Более того, собственные исследования Райна послужили разоблачению одной из известных спириток, некой Марджери Крэндон; это разоблачение принесло ему презрение многих спиритуалистов, включая и Конан Дойла.

С. 116: «Таким образом, остается только телепатическое объяснение...» Randy, p. 51.

С. 116: «Дальнейшие исследования показали, что мыши не обладают никакими телепатическими способностями...» Randy, p. 143.

С. 122: «В частности, он обратил внимание на необычную активность...» *San Francisco Chronicle*, November 26, 2001.

С. 123: «Некоторые критики утверждают также...» Наконец, даже ограниченные формы телепатии, став в будущем обычными, породили бы множество юридических и моральных проблем. Во многих странах запрещено записывать телефонные разговоры без разрешения ведущего их человека, так что в будущем вполне может появиться и запрет на запись рисунков мыслей человека без его прямого разрешения — причем запрет безусловный. А учитывая неуловимую и очень «текучую» при-

роду мыслей человека, рисунки мыслей, скорее всего, никогда не будут иметь силу в суде. В фильме «Особое мнение» с Томом Крузом ставится этический вопрос о том, можно ли арестовать человека за преступление, которого он еще не совершил. В будущем, возможно, встанет вопрос и о том, являются ли рисунки мыслей, свидетельствующие о намерении человека совершить преступления, инкриминирующим доказательством против него. Будут ли угрозы, высказанные вслух, считаться сопоставимыми с мысленными угрозами?

Встанет вопрос и о правительственных органах, о службах безопасности, которые будут подвергать людей сканированию мозга, не спрашивая их согласия и не оглядываясь на законы. Будет ли это считаться допустимым? Легально ли читать мысли террориста, чтобы узнать его планы? Легально ли имплантировать ложные воспоминания, чтобы обмануть кого-то? В фильме «Вспомнить все» с Арнольдом Шварценеггером постоянно возникает вопрос о том, подлинны ли воспоминания человека или внедрены извне, — ведь это может изменить саму природу того, кто мы есть.

Вероятно, эти и другие подобные вопросы еще много десятилетий будут оставаться чисто гипотетическими, но технология развивается, хотя и медленно, — и эта технология безусловно вызовет в будущем моральные, юридические и общественные проблемы. К счастью, у нас еще достаточно времени, чтобы подготовиться к ним.

С. 125: «Но если вы хотите построить такое устройство...» Douglas Fox, *New Scientist Magazine*, May 4, 2006.

С. 129: «Процесс сбора данных очень сложен и утомителен...» Cavelos, p. 184.

6. Телекинез

С. 137: «Еще до появления Геллера Карсон проконсультировался с Рэнди...» Удивительного Рэнди задевало, что профес-

сиональные иллюзионисты, ловко надувающие легковерных простаков, приписывают себе психокинетические возможности и тем самым вводят в заблуждение ничего не подозревающую публику, и он занялся профессиональным разоблачением всевозможных мошеннических трюков. Особенно ему нравилось повторять каждый новый трюк, исполненный медиумом. Сам Удивительный Рэнди принадлежал скорее к традиции великого Гудини и занимался одновременно демонстрацией иллюзий и разоблачением обманщиков и шарлатанов, пытавшихся при помощи своих умений ввести публику в заблуждение и заработать на этом. Рэнди утверждает, что может обмануть своими трюками даже ученых. Он говорит: «Я могу прийти в лабораторию и заморочить головы любым ученым». Cavelos, p. 220.

С. 140: «...обсуждалась возможность сформировать гипотетический "Первый земной батальон"...» Cavelos, p. 240.

С. 140: «Вывод Совета: "За 130 лет исследования не дали никаких научных доказательств..."» Cavelos, p. 240.

С. 142: «Он сумел научить таких людей менять волновой рисунок работы мозга...» Philip Ross, *Scientific American*, September 2003.

С. 143: «...обезьяны могли при помощи мыслей управлять...» Miguel Nicolelis and John Chapin, Scientific American, October 2002.

С. 144: «Тогда я понял, что это все может развиваться...» Kyla Dunn, *Discover Magazine*, December 2006, p. 39.

С. 151: «Но Реквиха признает, что "до сих пор лучшая команда в мире..."» Aristides A.G. Requicha, "Nanorobots", http://www.lmr.usc.edu/~lmr/publication/nanorobotics.

7. Роботы

С. 154: «...даже известный физик Роджер Пенроуз из Оксфорда...» Профессор Пенроуз утверждает, что человек не мог бы мыслить без квантовых эффектов, которые, безусловно,

должны присутствовать в мозге. Большинство специалистов-компьютерщиков скажет, что каждый нейрон мозга можно воспроизвести при помощи сложного набора транзисторов; отсюда следует, что мозг можно сопоставить с классическим компьютером. Мозг чрезвычайно сложен, но по сути своей состоит из набора нейронов, поведение которых может быть смоделировано при помощи транзисторов. Пенроуз не согласен с этим утверждением. Он утверждает, что в клетке есть структуры, известные как микротубулы, которые демонстрируют квантовое поведение, а потому мозг невозможно свести к простому набору электронных компонентов.

С. 154: «Колин Макгинн из Университета Рутгерса говорит, что искусственный интеллект...» Kaku, Visions, p. 95.

С. 162: «Стив Гранд, директор Института кибержизни, говорит...» Cavelos, p. 90.

С. 163: «Студент потерпел неудачу — как и я в своей докторской диссертации 1981 г....» Rodney Brooks, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 60.

С. 164: «Это не означает, что Каспаров не умеет глубоко размышлять...» Kaku, Visions, p. 61.

С. 166: «Не удивительно, что девиз Лената звучит так: "Разум — это десять миллионов правил"». Kaku, Visions, p. 65.

С. 167: «Мы вкалывали как проклятые, пытаясь создать бледную тень...» Bill Gates, *Skeptic Magazine*, vol. 12, no. 12, 2006, p. 35.

С. 168: «Роботу чертовски трудно проделать даже такую простую вещь, как отличить открытую дверь от окна...» Bill Gates, *Scientific American*, January 2007, p. 63.

С. 168: «Никто не может определенно сказать, когда — или если — эта индустрия...» *Scientific American*, January 2007, p. 58.

С. 171: «На сегодняшний день не существует машины, способной на это...» Susan Kruglinski, The Top100 Science Stories of 2006, *Discover Magazine*, p. 16.

С. 172: «Ганс Моравек говорит: "Полностью разумные машины появятся не раньше..."» Kaku, Visions, p. 76.

С. 174: «Пожалуйста! Пожалуйста! Мне это необходимо! Это так важно...» Kaku, Visions, p. 92.

С. 174: «Врач-невролог Антонио Дамасио из Медицинского колледжа Университета Айовы...» Cavelos, p. 98.

С. 175: «Компьютеры этого просто не понимают...» Cavelos, p. 101.

С. 175: «Как писал русский романист Федор Достоевский...» Barrow, Theories of Everything, p. 149.

С. 176: «Наши преемники будут поражены количеством научной чепухи...» Sydney Brenner, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 35.

С. 179: «Может быть, мы станем для компьютеров домашними любимцами...» Kaku, Visions, p. 135.

С. 180: «Когда это произойдет, наша ДНК окажется никому не нужна...» Kaku, Visions, p. 188.

С. 180: «Поэтому некоторые ученые в долговременной перспективе предлагают объединить углеродную и кремниевую технологии...» Так что наши механические создания могут в конце концов послужить ключом к нашему же выживанию. Как говорит Марвин Мински, "мы, люди, не конечная точка эволюции, так что если мы можем сделать машину такой же умной, как человек, то мы, вероятно, можем также сделать машину гораздо умнее человека. Нет смысла создавать еще одного человека. Хочется создать машину, которая сможет делать вещи, которые мы сами делать не можем"». Kruglinski, The Top100 Science Stories of 2006, p. 18.

С. 181: «В далеком будущем роботы или человекоподобные киборги...» О бессмертии, конечно, человек мечтает с тех самых пор, когда он, один в животном царстве, начал осознавать собственную смертность. Говоря о бессмертии, Вуди Аллен однажды сказал: «Мне не нужно бессмертие через работу. Я хочу быть по-настоящему бессмертным, т. е. не умирать. Я не хочу жить

в сердцах соотечественников. Я предпочел бы продолжать жить в собственной квартире». Моравек, в частности, уверен, что в далеком будущем мы сольемся со своими творениями, чтобы образовать разум более высокого порядка. Для этого потребуется продублировать 100 млрд нейронов нашего мозга, каждый из которых связан, может быть, с несколькими тысячами других нейронов. Представьте: человек сидит на столе в операционной, а рядом лежит подготовленное тело робота. Начинается операция. Одновременно с удалением каждого нейрона из тела человека в теле робота создается точно такой же «кремниевый» нейрон. Идет время. Нейроны тела заменяются на кремниевые нейроны робота постепенно, поэтому все время операции человек сохраняет сознание. В конце концов мозг полностью переносится в тело робота, а объект операции спокойно наблюдает за происходящим. И вот результат: еще вчера человек умирал в собственном потрепанном отказывающем теле, а теперь обнаруживает себя в бессмертном теле, но обладает при этом прежней памятью и прежней личностью — и все это не теряя сознания.

8. Внеземные цивилизации и летающие тарелки

С. 190: «Тем не менее Сет Шостак, старший астроном проекта *SETI*, с неувядающим оптимизмом верит...» Jason Stahl, *Discover Magazine*, «Top 100 Stories of 2006», December 2006, p. 80.

С. 193: «"Трудно представить, как жизнь могла бы выжить в подобных условиях", — говорит Уэзерилл». Cavelos, p. 80.

С. 193: «Согласно оценкам французского астронома д-ра Жака Ласкера...» Cavelos, p.12.

С. 195: «Мы считаем, что жизнь в форме микробов...» Ward and Brownlee, p. XIV.

С. 197: «Мы первое поколение, у которого есть реальный шанс обнаружить жизнь на другой планете...» Cavelos, p. 26.

С. 208: «Как я уже рассказывал в своих предыдущих книгах...» В целом, хотя местные языки и культуры будут и дальше процветать в разных регионах Земли, появятся также единые всепланетные язык и культура, которые охватят собой все континенты. Глобальная культура будет существовать параллельно с местными. Вообще говоря, в отношении элит всех обществ такая ситуация уже сложилась.

Но существуют и силы, противодействующие движению к единой всепланетной системе. Террористы, скажем, инстинктивно понимают, что при движении к планетарной цивилизации центральными в новой культуре станут терпимость и светский плюрализм, а такая перспектива представляет угрозу для людей, которым удобнее жить в прошлом тысячелетии.

9. Звездолеты

С. 219: «Математик и философ Бертран Расселл однажды посетовал...» Kaku, Hyperspace, p. 302.

С. 246: «Нордли говорит: "Если целое созвездие кораблей размером с булавочную головку..."» Gilster, p. 242.

10. Антивещество и антивселенные

С. 255–256: «Доктор Стивен Хау из компании Synergistic Technologies в Лос-Аламосе...» NASA, http://science.nasa.gov, April 12, 1999.

С. 261: «Он писал: "Красота уравнений важнее, чем их соответствие экспериментальным данным..."» Cole, p. 225.

11. Быстрее света

С. 281: «Как говорит физик Мэтт Виссер из Вашингтонского университета...» Cavelos, p. 137.

С. 281: «А сэр Мартин Рис, королевский астроном Великобритании, говорит даже так...» Kaku, Parallel Worlds, p. 307.

С. 282: «Я подумал, что должен быть какой-то способ посмотреть при помощи этих концепций...» Cavelos, p. 154.

С. 286: «Нам потребуется серия генераторов экзотического вещества...» Cavelos, p. 154.

С. 290: «Пройди сквозь это волшебное кольцо и — опа!..» Kaku, Parallel Worlds, p. 121.

С. 291: «Виссер говорит: "Для этой работы потребуется примерно минус одна масса Юпитера..."» Cavelos, p. 145.

С. 292: «Но тут же выясняется, что технология строительства кротовых нор...» Hawking, p. 146.

12. Путешествия во времени

С. 298: «В романе "Уравнение Януса" писатель Стивен Спрюлл исследует...» Nahin, p. IX.

С. 299: «И если бы настоящее всегда оставалось настоящим и не уходило...» Pickover, p. 10.

С. 306: «Просто мы, физики, поняли, что природа времени...» Nahin, p. IX.

С. 306: «"Не думаю, что вопрос в том, может ли человек, находясь в черной дыре, попасть в прошлое", — говорит физик Ричард Готт». Pickover, p. 130.

С. 307: «Готт говорит: "Коллапсирующая струнная петля, достаточно большая..."» Kaku, Parallel Worlds, p. 142.

С. 309: «Если он женится в прошлом, то можно ли судить его за двоеженство...» Nahin, p. 248.

13. Параллельные вселенные

С. 318: «Хендерсон пишет: "Подобно черной дыре..."» Kaku, Hyperspace, p. 22.

С. 320: «С первого взгляда мне ваша идея чрезвычайно понравилась...» Pais, p. 330.

С. 321: «Энрико Ферми, в ужасе от того, как безудержно плодятся элементарные частицы...» Kaku, Hyperspace, p. 118.

С. 327: «Макс Тегмарк из MIT считает, что через 50 лет...» Max Tegmark, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 37.

С. 330: «Шрёдингер очень злился на такую интерпретацию своей теории...» Cole, p. 222.

С. 331: «...так что, я надеюсь, вы сможете принять эту природу в ее абсурдном образе...» Greene, p. 111.

С. 333: «Еще один взгляд на парадокс кошки — идея множественности миров...» Еще одна привлекательная черта такой интерпретации — то, что при этом не возникает нужды в дополнительных предположениях, достаточно первоначального волнового уравнения. В этой системе нам не обязательно схлопывать волновые функции или производить наблюдения. Волновая функция просто делится, сама по себе, автоматически, без всякого вмешательства извне или дополнительных условий. В этом смысле теория множественности миров принципиально проще всех остальных теорий, в которых требуются внешние наблюдатели, измерения, схлопывание волн и т. п. Правда, мы получаем в нагрузку бесконечное число вселенных, но волновая функция управляется с ними самостоятельно, без всяких дополнительных предположений со стороны.

Одно из объяснений того факта, что наша физическая Вселенная представляется такой стабильной и неизменной, строится на утрате когерентности; считается, что мы просто потеряли синхронность со всеми остальными параллельными вселенными. Но потеря когерентности не уничтожает параллельные вселенные и не отрицает их существования; она объясняет лишь, почему наша собственная Вселенная среди бесконечного множества других вселенных кажется такой стабильной. Идея декогерентности основана на представлении о том, что вселенные способны расщепляться на множество других вселенных, но наша Вселенная, благодаря взаимодействию с окружающим миром, полностью изолирована от остальных.

С. 334: «Нобелевский лауреат Фрэнк Вильчек говорит: "Нас мучает..."» Kaku, Parallel Worlds, p. 169.

14. Вечный двигатель

С. 349: «Он стал в глазах всего мира Санта-Клаусом пополам с лампой Аладдина...» Asimov, p. 12.

С. 359: «Теоретически в вечном двигателе второго типа...» Были возражения. Некоторые ученые заявляли, что человеческий мозг— самое сложное, может быть, творение матери-природы в Солнечной системе, нарушает второй закон термодинамики. Человеческий мозг состоит из более чем 100 млрд нейронов и превосходит по сложности любой объект на расстоянии до 24 трлн миль от Земли, т. е. до соседней звезды. Возникает вопрос: как согласуется этот мощнейший удар по энтропии со вторым законом? Ведь сама эволюция, кажется, тоже нарушает этот закон. Ответ в том, что уменьшение энтропии, вызванное появлением и развитием высших организмов, включая людей, происходит за счет роста суммарной энтропии где-то в другом месте. Уменьшение энтропии, вызванное эволюцией, более чем компенсируется ростом энтропии в окружающем мире, а именно энтропии падающего на Землю солнечного света. Развитие человеческого мозга в результате эволюции действительно снижает энтропию, но это падение более чем компенсируется создаваемым нами же хаосом (в пример можно привести загрязнение окружающей среды, выброс тепла, глобальное потепление и т. п.).

С. 363: «Одним из активных сторонников и пропагандистов этой идеи...» Однако Тесла, кроме всего прочего, был фигурой трагической; в результате постоянных обманов он лишился, вероятно, денег и признания за многие патенты и изобретения, подготовившие появление радио и телевидения и приход телекоммуникационной революции. (Тем не менее мы, физики, позаботились о том, чтобы имя Тесла не было забыто. Мы назвали его именем единицу магнитной индукции. Один тесла равняется 10 000 Г и примерно в 20 000 раз превосходит магнитное поле Земли.)

Сегодня Тесла почти забыт, и лишь некоторые из самых эксцентричных его заявок превратились в любимую игрушку сторонников теории всемирного заговора и источник сюжетов городского фольклора. Сам он твердо верил, что может связаться с марсианами, завершить незаконченную Эйнштейном теорию единого поля, расколоть Землю *пополам, подобно яблоку,* и создать смертельный луч, способный уничтожить 10 000 самолетов с расстояния 250 миль. (ФБР так серьезно относилось к утверждениям по поводу луча смерти, что после смерти Тесла наложило руку на бóльшую часть его записок и лабораторного оборудования; кое-что и сегодня еще лежит в секретном хранилище.)

В 1931 г., находясь на пике славы и известности, Тесла попал на обложку журнала *Time*. Он регулярно поражал публику, создавая на глазах изумленной аудитории гигантские молнии, несущие в себе миллионы вольт электрической энергии. Его погубило небрежное отношение к финансовым и юридическим вопросам. Столкнувшись с армадой юристов, представлявших только-только возникшие тогда фирмы, превратившиеся сегодня в энергетические гиганты, Тесла потерял контроль над важнейшими своими патентами. У него появились симптомы того, что медики сегодня называют обсессивно-компульсивным расстройством; его «пунктиком» стало число 3. Позже развилась паранойя; он жил в бедности в отеле New Yorker, бегал от кредиторов и боялся, что враги отравят его. Он умер в 1943 г. в полной нищете в возрасте 86 лет.

Эпилог. Будущее невозможного

С. 384: «Астроном Джон Барроу заметил: "Историки до *сих пор обсуждают*..."» Barrow, Impossibility, p. 47.

С. 384: «Математик Давид Гильберт, отвергая утверждения Конта...» Barrow, Impossibility, p. 209.

С. 385: «Двести лет назад можно было спросить у любого...» Pickover, p. 192.

ПРИМЕЧАНИЯ

С. 385: «На все принципиальные вопросы о природе Вселенной — от начала ее и до конца — оказывается, невозможно ответить». Barrow, Impossibility, p. 250.

С. 386: «Но гравитационные волны из зоны инфляции возникли во Вселенной...» Rocky Kolb, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 44.

С. 389: «Эти усилия раскроют тонкие детали и свойства сингулярности Большого взрыва...» Hawking, p. 136.

С. 390: «Позволяют ли законы физики высокоразвитым цивилизациям...» Barrow, Impossibility, p. 143.

С. 395: «"Я думаю, что в 2056 г. уже можно будет купить футболку..."» Max Tegmark, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 37.

С. 397: «На сегодняшний день ведущим (и единственным) кандидатом на роль теории...» Причина в том, что если взять теорию гравитации Эйнштейна и ввести в нее квантовые поправки, то эти поправки окажутся не маленькими, а бесконечными. За долгие годы физики выработали множество ухищрений, позволяющих избавиться от бесконечных слагаемых в уравнениях, но с квантовой теорией гравитации все эти методы не работают. А вот в теории струн бесконечные поправки вообще пропадают, и причин тому несколько. Во-первых, в теории струн есть особый вид симметрии, известный как суперсимметрия, благодаря которому многие бесконечные слагаемые уходят. Кроме того, в теории струн есть ограничение — длина струны, — тоже помогающее бороться с бесконечностями.

Вообще, бесконечность в теории гравитации восходит еще к классической теории. Закон обратных квадратов Ньютона гласит, что при стремлении расстояния между объектами к нулю сила притяжения между ними становится бесконечной. Эта бесконечность, очевидная даже в теории Ньютона, переходит и в квантовую теорию. И только в теории струн есть ограничение — длина струны, или планковская длина, которая позволяет нам бороться с расходимостью.

С. 402: «В этом случае мы могли бы пронаблюдать их в небе...» Alexander Vilenkin, *New Scientist Magazine*, November 18, 2006, p. 51.

С. 403: «Астрофизик Джон Барроу так обобщил этот логический подход...» Barrow, Impossibility, p. 219.

БИБЛИОГРАФИЯ

Adams, Fred, and Greg Laughlin. The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity. New York: Free Press, 1999.

Asimov, Isaac. The Gods Themselves. New York: Bantam Books, 1990.

Asimov, Isaac, and Jason A. Shulman, eds. Isaac Asimov's Book of Science and Nature Quotations. New York: Weidenfeld and Nicholson, 1988.

Barrow, John. Between Inner Space and Outer Space. Oxford, England: Oxford University Press, 1999.

Barrow, John. Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits. Oxford, England: Oxford University Press, 1998.

Barrow, John. Theories of Everything. Oxford, England: Oxford University Press, 1991.

Calaprice, Alice, ed. The Expanded Quotable Einstein. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000.

Cavelos, Jeanne. The Science of Star Wars: An Astrophysicist's Independent Examination of Space Travel, Aliens, Planets, and Robots as Portrayed in the Star Wars Films and Books. New York: St. Martin's Press, 2000.

Clark, Ronald. Einstein: The Life and Times. New York: World Publishing, 1971.

Cole, R. C. Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life. New York: Bantam Books, 1985.

Crease, R., and C. C. Mann. Second Creation. New York: Macmillan, 1986.

Croswell, Ken. The Universe at Midnight. New York: Free Press, 2001.

Davies, Paul. How to Build a Time Machine. New York: Penguin Books, 2001.

Dyson, Freeman. Disturbing the Universe. New York: Harper and Row, 1979.

Ferris, Timothy. The Whole Shebang: A State-of-the-Universe(s) Report. New York: Simon and Schuster, 1997.

Folsing, Albrecht. Albert Einstein. New York: Penguin Books, 1997.

Gilster, Paul. Centauri Dreams: Imagining and Planning Interstellar Exploration. New York: Springer Science, 2004.

Gott, J. Richard. Time Travel in Einstein's Universe. Boston: Houghton Mifflin Co., 2001.

Greene, Brian. The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. New York: W. W. Norton, 1999.

Hawking, Stephen W., Rip S. Thorne, Igor Novikov, Timothy Ferris, and Alan Lightman. The Future of Spacetime. New York: W. W. Norton, 2002.

Horgan, John. The End of Science. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1996.

Kaku, Michio. Einstein's Cosmos. New York: Atlas Books, 2004.

Kaku, Michio. Hyperspace. New York: Anchor Books, 1994.

Kaku, Michio. Parallel Worlds: A Journey Through Creation, Higher Dimensions, and the Future of the Cosmos. New York: Doubleday, 2005.

Kaku, Michio. Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century. New York: Anchor Books, 1997.

Lemonick, Michael. The Echo of the Big Bang. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.

Mallove, Eugene, and Gregory Matloff. The Starflight Handbook: A Pioneer's Guide to Interstellar Travel. New York: Wiley and Sons, 1989.

БИБЛИОГРАФИЯ

Nahin, Paul J. Time Machines. New York: Springer Verlag, 1999.

Pais, A. Subtle Is the Lord. New York: Oxford University Press, 1982.

Pickover, Clifford A. Time: A Traveler's Guide. New York: Oxford University Press, 1998.

Randi, James. An Encyclopedia of Claims, Frauds, and Hoaxes of the Occult and Supernatural. New York: St. Martin's Press, 1995.

Rees, Martin. Before the Beginning: Our Universe and Others. Reading, Mass.: Perseus Books, 1997.

Sagan, Carl. The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective. New York: Anchor Press, 1973.

Thorne, Rip S. Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. New York: W. W. Norton, 1994.

Ward, Peter D., and Donald Brownlee. Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe. New York: Springer Science, 2000.

Weinberg, Steve. Dreams of a Final Theory: The Search for Fundamental Laws of Nature. New York: Pantheon Books, 1992.

Wells, H. G. The Time Machine: An Invention. London: McFarland and Co., 1996.

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Beam Power Challenge, состязание *236*
Big Bang Observer, космический проект *389–390*
C. elegans, червь *170–171*
CERN *251, 253–254, 278*
COG, робот *170*
CYC, проект *166–167*
Deep Blue, шахматная компьютерная программа *164*
Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO), установка *387, 390*
Laser Interferometer Space Antenna (LISA), космический проект *388–390, 401*
National Ignition Facility (NIF), экспериментальная установка *79, 81*
Payload for Antimatter-Matter Exploration and Light-Nuclei Astrophysics (PAMELA), прибор на спутнике *258*
«R.U.R.», пьеса (К. Чапек) *155*
SETI, проект поиска внеземного разума *188–191, 200, 217*
Terrestrial Planet Finder, космический проект *199*
Tether Challenge, состязание *236–237*
WMAP, спутник *328, 340, 342, 364, 391*

11 сентября 2001 г. *368*
«2001: космическая одиссея» (фильм) *161, 209, 216*

A

Августин Блаженный (St. Augustine) *299*
Авдеев, Сергей *302*
«Автостопом по галактике» (Д. Адамс) *98*
Агентство перспективных исследовательских проектов Минобороны США (DARPA) *48, 168*
Адамс, Дуглас (Douglas Adams) *98*
Адонай (Adonais) *141*
Азимов, Айзек (Isaac Asimov) *112, 153, 208, 251, 349, 350, 363*
Алиса (Alice) *280, 287, 290*
Аллен, Вуди (Woody Allen) *273*
Аллен, Пол (Paul Allen) *131*
Аль-Джазари (Al-Jazari) *155*
Алькубьерре, Мигель (Miguel Alcubierre) *281–282, 285–287*

— двигатель А. *281–282, 291*
Альтаира (Altaira) *136*
«Ангелы и демоны» (Д. Браун) *251*
Андерсен, Джефф (Geoff Andersen) *22*
Андерсон, Карл (Carl Anderson) *262*
Антивещество *9, 16, 250–269, 283, 285, 375–379, 381*
— в движении назад во времени *375–379, 381*
— Дирак и *260–263*
— естественного происхождения *256, 259*
— производство а. *253–257, 259*
— ракеты на а. *256, 259*
— экономика а. *253*
Антигравитация *264*
Антропный принцип *329–330, 345*
Аполлон, бог (Apollo) *367*
Арден, Дейл (Dale Arden) *7*
Аристотель (Aristotle) *316*
Ариэль (Ariel) *135*
Архимед (Archimedes) *67*
Архит Тарентский (Archytas of Tarentum) *154*
Арцутанов, Юрий *234*
Аспект, Алан (Alan Aspect) *100*
Астероиды *85, 193, 207, 219, 222, 238, 259*
Атомная бомба *12, 14, 31, 65, 85, 124, 166, 228, 231, 251, 252*
— антивещество и *251–252*
— космические путешествия *229–231*
Атомная теория *358, 384, 400*
Атомный ракетный двигатель *227–229, 232*

Б

Барнарда звезда *231*
Барнум, Финеас Т. (Phineas T. Barnum) *360*
Барроу, Джон (John Barrow) *20, 384, 385, 403*
Басов, Николай *70*
Бентли, Ричард (Richard Bentley) *392*
— парадокс Б. *392–393*
Беннетт, Чарльз (Charles Bennett) *101*
Берроуз, Эдгар Райс (Edgar Rice Burroughs) *8*
Бесслер, Иоганн (Johann Bessler) *353*
Бессмертие *353*
Бикертон, Александер (Alexander W. Bickerton) *218*
Бинниг, Герд (Gerd Binnig) *59*
Биологическая обратная связь *142–143*
Биологическая «гонка вооружений» *201–202*
Бирбаумер, Нильс (Niels Birbaumer) *142*
«Близится ли конец теоретической физики?» (С. Хокинг) *402*
Бозе, Шатьендранат (Satyendranath Bose) *105*
Бозоны Хиггса *321, 381*
Больцман, Людвиг (Ludwig Boltzmann) *357–359, 362, 400*
Большое сжатие *329, 336*
Большой адронный коллайдер *277–278, 293, 324, 380–381, 400–402*

Большой взрыв *18, 21, 66, 86, 105, 215–216, 257–258, 267, 274, 280, 293, 307, 322, 335–336, 341–342, 375, 379–381, 384–391, 394, 401–402, 405*
— антивещество и *257–258, 267*
— и будущее невозможного *386, 388, 391, 394, 401, 405*
— как он начался *341–342*
— монополи и *215–216*
— параллельные вселенные и *322, 335–336*
— период до *385–390*
— скорость света и *274, 280*
— тахионы и *379–381*
Большой всплеск *328, 389, 391*
Большой мороз *340, 391*
Бонд, Джеймс (James Bond) *67*
Бор, Нильс (Niels Bohr) *16, 69, 90, 95, 103, 336, 397*
Борн, Макс (Max Born) *96*
Брайан, Уильям Дженнингс (William Jennings Bryan) *382*
Браун, Дэн (Dan Brown) *251*
Браун, Майкл (Michael Brown) *21*
Браунли, Дональд (Donald Brownlee) *195*
Братусяк, Марша (Marcia Bratusiak) *22*
«Брейнгейт» *143, 145*
Бреннер, Сидни (Sydney Brenner) *176*
Брукс, Родни (Rodney Brooks) *20, 163, 169–170*
Бруно, Джордано (Giordano Bruno) *183*
Брэдли, Астон (Aston Bradley) *104*
Будущее *16, 22, 31, 33, 36, 40, 65, 86, 89, 127, 130, 141, 147, 160, 165–166, 175, 181, 194, 199–200, 217–218, 245, 269, 291, 310, 334, 350, 376, 381, 383, 391, 403*
— гибель Земли и *218–221*
— Звезды смерти и *86, 89*
— космические путешествия и *233, 237–238, 242–243, 246–247, 254, 269*
— кротовые норы и *290–292*
— метаматериалов *57–59*
— невидимость и *58–69*
— невозможного *383*
— опережающие волны из *372–373, 377*
— путешествия во времени и *298–303, 305, 309*
— роботы и *146–152, 160, 175, 177, 179, 181*
— телекинез и *141–146, 151*
— телепортация и *106–107, 110*
— физические поля и *31, 35–36, 40*
См. также предвидение будущего
«Буря» (У. Шекспир) *135–136*
Буссард, Роберт (Robert W. Bussard) *225*
Бхаскара (Bhaskara) *353*
Бэрон-Коэн, Саймон (Simon Baron-Cohen) *263–264*

В

Вайнберг, Стивен (Steven Weinberg) *19, 334, 399, 406*

ван Вогт, Альфред (Alfred E. van Vogt) *111*
ван Стокум, Виллем (Willem J. van Stockum) *307*
Вебер, Генрих (Heinrich Weber) *274*
Вегенер, Мартин (Martin Wegener) *54*
Вейдер, Дарт (Darth Vader) *65*
«Вела», спутники *87*
Венера *211, 259, 276, 369*
Венециано, Габриель (Gabriel Veneziano) *398*
Верн, Жюль (Jules Verne) *8, 11, 16, 240*
Вертхеймер, Дэниел (Daniel Werthheimer) *22*
Веселаго, Виктор *51*
Вечный двигатель *13, 349–366, 382*
— в истории *352–354*
— мошенничество и *354–357*
— энтропия и *357–361*
Вигнер, Эуген (Eugene Wigner) *333*
Виленкин, Александр (Alexander Vilenkin) *402*
Вильсон, Чарльз (Charles T.R. Wilson) *252*
Вильчек, Фрэнк (Frank Wilczek) *19, 334*
Виссер, Мэтью (Mathew Visser) *281, 291*
«Властелин колец» (Дж. Толкин) *42, 44*
Внеземная жизнь *182–217, 231, 264–269, 334, 340*
— антивещество и *264–269*
— в истории *182–184*
— внешний вид *200–203*
— «зона жизни» и *192–193, 195, 197*
— и поиск землеподобных планет *196–200*
— и физика развитых цивилизаций *207–210*
— летающие тарелки и *211–217*
— масштаба закон и *204–206*
— научный поиск *184–188, 191*
— параллельные вселенные и *334, 340*
— слушая инопланетян *188–191*
— спутники планет и *193*
— счастливые случайности и *194, 200, 201*
Внесолнечные планеты *183, 187, 192–193, 195–200, 203, 217, 219, 222, 231, 238, 239, 264, 273*
— внеземная жизнь и *187, 196–200*
— космические путешествия и *219, 222, 238–239, 273*
Вода *28, 41, 46, 49–50, 62, 78, 80, 91, 127, 134, 155, 165–166, 170, 185, 188, 191–192, 203, 205–206, 244, 261, 286, 301, 369, 379*
— и внеземная жизнь *185, 188, 191–192, 203, 205–206*
— невидимость и *46, 49–50, 62*
Водородная бомба *74, 77–86, 229–231, 251, 256*
— излучаемая энергия *78, 83, 85–86*
— как работает *78–79*
— космические путешествия и *229–231*
— рентгеновский лазер с ядерной накачкой и *82–85*

— термоядерный синтез и *79–82*
«В ожидании дилижанса: анахронизм» (анонимный автор) *300*
«Война миров» (Г. Уэллс) *67*
Волчан, Александр (Alexander Wolszczan) *196*
Временное прекращение жизненных функций *243–245*
Время *16, 165, 223, 226, 238, 245, 268–269, 276–277, 279–281, 286, 288, 291, 299–302, 308–309, 313, 318–319, 323, 337, 340, 342, 345, 378–379, 389*
— движение волн назад во *372–377, 381*
— параллельные вселенные и *268–269*
— разрыв пространства и *280*
— Эйнштейн про *226, 277, 306*
См. также пространство-время
Всего теория *8, 18, 176, 312–313, 325, 345, 384, 394–397, 402–406*
— и будущее невозможного *394–397, 404–405*
— и теорема о неполноте *403–405*
— и Эйнштейн *8, 18, 325*
Вселенная, вселенные *16, 20–21, 29, 31–32, 41, 64, 70, 87, 97, 100–101, 104–105, 140, 176, 182, 185–186, 188, 191–192, 195, 197, 203, 206–207, 215–216, 219, 221, 225–226, 242, 253, 256–257, 260–262, 264–269, 273–276, 280–282, 284, 286–288, 290, 294–295, 299, 301–307, 310–314, 316–319, 323–324, 326–330, 333–345, 350, 359, 361–365, 372, 375–376, 379–381, 383, 385–386, 389, 391–395, 404–406*
— антивещество и *256–258, 260, 264–265, 268*
— вращение *306–307, 338*
См. также параллельные вселенные
— гибель В. *219, 329, 340, 391–394*
— и будущее невозможного *385–389, 394, 404*
— контакт между в. *287, 338–341*
— новорожденные в. *253, 341–344*
— столкновения в. *318, 328*
— эволюция *344–346, 365*
Вселенная с обращением времени (T-симметричная) *268*
Вселенная с обращением заряда и четности (CP-симметричная) *267, 269*
Вселенная с обращением заряда, четности и времени (CPT-симметричная) *268–269*
Вторая мировая война *14, 67, 157–158*
Вулкан, бог (Vulcan) *154*

Г

Газ, газы *31–33, 45–46, 68, 70–73, 75–77, 80–81, 103, 184, 212, 221–222, 227, 240, 254, 296, 349, 355, 357–358*
— космические путешествия и *221, 227, 240*

— лазеры и *70–73*
См. также плазма
Гамма-лучи *9, 46, 66, 81–88, 257*
— антивещество и *257, 262*
— всплески и *66, 86–88*
Гарфилд, Джеймс (Garfield, James) *355*
Гаусс, Карл (Karl Gauss) *317*
Гейгера счетчик *331*
Гейзенберг, Вернер (Werner Heisenberg) *69, 94, 96, 397*
— и теория всего *397*
— принцип неопределенности *93, 96–97, 160, 178*
Гейман, Нил (Neil Gaiman) *134*
Гейтс, Билл (Gates, Bill) *167–168*
Гелл-Манн, Мюррей (Murrey Gell-Mann) *19, 399*
Геллер, Ури (Uri Geller) *137*
Герон Александрийский (Hero of Alexandria) *155*
Герриш, Гарольд (Harold Gerrish) *255*
Гершенфелд, Нил (Neil Gershenfeld) *149–150*
Гершкович, Эди (Ady Herschcovitch) *32–33*
Гёдель, Курт (Kurt Goedel) *157, 160, 306–307, 338, 402, 404*
— теорема о неполноте *160, 402, 404*
Гиг (Gyges) *43*
Гилберт, Уолтер (Walter Gilbert) *19*
Гилкрист, Брайан (Brian Gilchrist) *248–249*
Гилстер, Пол (Paul Gilster) *21*
Гильберт, Давид (David Hilbert) *362, 384*
Гиперпространство *98, 273, 315–321, 326–327*
— теория струн и *315, 323*
Гитлер, Адольф (Adolf Hitler) *14*
Глюоны Янга–Миллза *321*
Годдард, Роберт (Robert Goddard) *13*
Голдблюм, Джефф (Jeff Goldblum) *93*
Голдин, Дэниел (Daniel S. Goldin) *247*
Голдсмит, Дон (Don Goldsmith) *20*
«Голдфингер» (фильм) *67*
Голограммы *62–64*
Гольдбаха гипотеза *157*
Гор, Альберт (Albert Gore) *334*
Гордон, Флэш (Flash Gordon) *44, 78*
Горизонт событий *288–290, 292, 312*
Гослин, Дэвид (David Goslin) *118*
«Государство» (Платон) *43*
Готт III, Ричард (J. Richard Gott III) *20, 306–307*
Гравитация, гравитационные поля *29–30, 36, 77, 81, 192–193, 225, 238, 247, 259, 264–265, 287–289, 302, 313–314, 322–325, 327, 338, 390, 393–394, 399, 405–406*
— внеземная жизнь и *192–193*
— космические путешествия и *225, 238–239*
— параллельные вселенные и *264–265*
— теория струн и *325*
— физические поля и *30, 36*
— черные дыры и *287–288, 304*
Гравитационные волны *386–390*
Гранд, Стив (Steve Grand) *162*

Греки *157, 323, 395, 403*
— и теория всего *395*
— параллельные вселенные и *316–317*
Грин, Брайан (Brian Greene) *20*
Гринбергер, Дэн (Dan Greenberger) *22*
Гросс, Дэвид (David Gross) *19*
«Грядущая революция на вашем столе — от персональных компьютеров к персональным репликаторам» (Н. Гершенфелд) *149*
Гудвин (Goodwin) *161*
Гудстейн, Дэвид (David Goodstein) *21*
Гут, Алан (Alan Guth) *20, 334, 337, 342–343*
Гуха, Р.В. (R.V. Guha) *167*
Гэмджи, Джон (John Gamgee) *355*

Д

Дайамонд, Джаред (Jared Diamond) *20*
Дайсон, Фримен (Freeman Dyson) *21, 230, 238–239, 329, 382, 396, 403*
— и будущее невозможного *382, 396, 403*
Дали, Сальвадор (Salvador Dali) *318*
Дальновидение *117–118*
Дамасио, Антонио (Antonio Damasio) *174*
«Дарвин», космический зонд *200*
Дебай, Питер (Peter Debye) *95*
Де Бройль, Луи (Louis de Broglie) *94*
Девитт, Брайс (Bryce DeWitt) *335*
Де Вокансон, Жак (Jacques de Vaucanson) *155*
Де Грассе Тайсон, Нейл (Neil de Grasse Tyson) *21*
«Дедал», проект *231*
Де Женн, Пьер-Жилль (Pierre-Gilles de Gennes) *81*
«Дезинтеграционная машина» (А. Конан Дойл) *92*
Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) *55, 102, 106, 148, 178, 180–181, 186, 194–195, 203, 214, 266*
— внеземная жизнь и *186, 194–195, 203, 214*
— параллельные вселенные и *345*
— телепортация и *102, 106*
Демокрит (Democritus) *400*
«День независимости» (фильм) *182, 209*
Десять измерений *398*
Детектор лжи *120–124*
Джакоски, Брюс (Bruce Jakosky) *196*
Джан, Роберт (Robert Jahn) *139*
Джаст, Марсель (Marcel A. Just) *125*
Джексон, Джеральд (Gerald Jackson) *258–259*
Джонсон, Джордж (George Johnson) *21*
Джоунз, Дэвид (David Jones) *124*
Джоунз, Том (Tom Jones) *22*
Диамагнетики *40–41*
Диккенс, Чарльз (Charles Dickens) *300*
Динозавры *10, 193, 220, 303, 334*
— параллельные вселенные и *334*
Дионн, Дженнифер (Jennifer Dionne) *55*
Дирак, Поль (Paul Dirac) *260–264*

Догерти, Питер (Peter Doherty) *20*
Доджсон, Чарльз (Charles Dodgson) — *см.* Кэрролл, Льюис
Дойл, сэр Артур Конан (Sir Arthur Conan Doyle) *92*
Дойч, Дэвид (David Deutsch) *110*
«Долгий джонт» (С. Кинг) *411*
Доллинг, Гуннар (Gunnar Dolling) *54*
Донохью, Джон (John Donoghue) *143–145*
«Дорогая, я уменьшил детей» (фильм) *205*
Достоевский, Федор *175*
Дрейк, Фрэнк (Frank Drake) *186, 188, 191, 193, 195*
Друян, Энн (Ann Druyan) *21*
Дуайер, Ларри (Larry Dwyer) *309*
Дэви, Хамфри (Humphry Davy) *27*
Дэвис, Пол (Paul Davies) *20*
Дюшан, Марсель (Marcel Duchamps) *318*

Е

Европейское космическое агентство *200, 222, 387*

Ё

Ёрицуме, генерал (Yoritsume) *210*

Ж

Жанна д'Арк, (Joan of Arc) *130*
Животные *41, 111, 113–114, 165–166, 177, 183, 194–195, 200, 202, 205–206, 244, 351, 376*

З

Замкнутые времяподобные кривые *306*
«Запретная планета» (фильм) *136*
Зарков, д-р (Dr. Zarkov) *7–8*
«Звездные войны» (сериал) *38, 63, 65–66, 75–76, 79, 84–85, 88, 137, 140, 208, 237, 282*
— Звезды смерти и *65*
— и скорость света *75, 237*
— телекинез и *137*
«Звездные врата», проект *116–118*
«Звездный путь» (сериал) *15, 25, 32–33, 42, 51, 65, 70, 90, 93, 126, 136, 141, 147, 172, 208, 245, 254, 273, 281–282, 301–302, 314, 377*
— космические путешествия и *245, 254*
— лучевое оружие и *65, 70*
— невидимость и *42, 51*
— силовые поля и *25, 32–33*
— телекинез и *136, 141, 147*
Звезды смерти *65–89*
— источники гамма-всплесков и *87–89*
— лазеры и *70–76*
— физика З.с. *85–86*
Зевс, бог (Zeus) *66*
Зенер, Карл (Karl Zener) *115*
Зеркальные вселенные *265*
Зиммерман, Роберт (Robert Zimmerman) *22*
«Зона жизни» *191–193, 195, 197, 329*
— внеземная жизнь и *191–193, 195*
Зрение *201*
Зубрин, Роберт (Robert Zubrin) *22*
Зусскинд, Леонард (Leonard Susskind) *20*

И

Иидзима, Сумио (Sumio Iijima) *235*
Импульсный ядерный двигатель *229–232*
Индра, бог (Indra) *66*
Индуизм *333*
Инерционное удержание *77–78*
Инфляционной вселенной теория *338, 341–343, 380, 389–390*
— и будущее невозможного *389–390*
— параллельные вселенные и *342–343*
Ионные двигатели *222, 232, 248*
Ионный двигатель NSTAR *222*
Искусственный интеллект *152–173, 176, 179, 181*
— история ИИ *154–161*
— подход «снизу вверх» *161–169*
— подход «сверху вниз» *169–172*
См. также роботы, робототехника
«Искусственный интеллект» (фильм) *179*
«История Платтнера» (Г. Уэллс) *318*

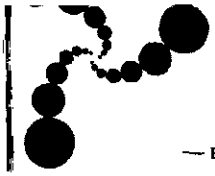
Й

Йода (Yoda) *140–141*

К

Кабра тест *84*
Каваками, Наоки (Naoki Kawakami) *62*
Каддафи, полковник (Gadhafi) *117*
Казимир, Хендрик (Hendrik Casimir) *284–285*
Калуца, Теодор (Theodor Kaluza) *319–320, 323*
Камерлинг-Оннес, Хейке (Heike Kamerlingh Onnes) *37*
Каммингс, Эдвард (Edward E. Cummings) *314*
Карсон, Джонни (Johnny Carson) *137*
Картер, Джон (John Carter) *8*
Каспаров, Гарри *164*
Кассандра (Cassandra) *367*
Катала, Клод (Claude Catala) *198*
Квантовая теория *11, 15, 60–61, 68–69, 93–110, 119, 156, 160, 178, 202, 206, 260, 268, 284, 306, 310, 312, 322–323, 325, 327, 330–333, 335, 376–377, 381, 383–384, 389, 394*
— вероятность в *330, 332, 335, 337, 339*
— и будущее невозможного *384, 389*
— и опережающие волны из будущего *373, 377*
— компьютеры и *107–110*
— относительность и *322, 327*
— парадокс кошки Шрёдингера и *330–331*
— параллельные вселенные и *322–323, 325, 327, 330–334*
— путешествия во времени и *306, 310, 312*
— революция к.т. *68–70, 119, 260, 383*
— роботы и *156, 160, 178*
— тахионы и *377, 381*
— телепортация и *93–104, 107–108*

Квантовая хромодинамика *398*
Кей, Бернард (Bernard Kay) *312*
Кейс, Эдгар (Edgar Cayce) *367*
Кейтон, Ричард (Richard Caton) *118*
Келли, Джон Эрнст Уоррел (John Ernst Worrel Kelly) *354–355*
Келли, Патрик (Patrick Kelly) *44*
Кело, Дидье (Didier Queloz) *196*
Кельвин, лорд (Lord Kelvin) *11, 13, 65*
Кендалл, Генри (Henry Kendall) *19*
Кеннеди, Джон (John F. Kennedy) *367*
Кент, Кларк (Clark Kent) *315*
Кеплер, Иоганн (Johannes Kepler) *182, 223*
«Кеплер», спутник *198–199*
Керамика *39–40, 49*
Керр, Рой (Roy Kerr) *289–90*
Кинг, Стивен (Stephen King) *136, 411,*
Кирк, капитан (Captain Kirk) *25, 110, 314*
Киршнер, Роберт (Robert Kirshner) *21*
Китайской комнаты тест *159*
Кларк, сэр Артур (Sir Arthure C. Clarke) *25, 179, 182, 234, 239*
— космические путешествия и *234, 239*
«Когда сталкиваются миры» (фильм) *238*
Когерентности потеря *422*
Коккони, Джузеппе (Guiseppe Cocconi) *188*
Кокс, Джон (John Cox) *356*
Колб, Роки (Rocky Kolb) *386*
Комиссия по атомной энергии *227*
Коммуникационные системы *201*
Компьютеры *12, 29–30, 53, 61, 69–70, 72, 97, 107–110, 127–129, 132, 142–144, 146, 149–150, 153, 157, 159, 161–169, 171, 174–175, 177, 180, 190, 281, 316, 330, 372*
— внеземная жизнь и *190, 193*
— квантовые *107–110*
— роботы и *153, 157, 159, 161–169, 171, 174, 177–180*
— телекинез и *142–144, 146, 149–150*
Конденсат Бозе–Эйнштейна *104–106*
Континентальный дрейф *31*
Копенгагенская школа *332, 336*
Кондон, Эдвард (Edward U. Condon) *211*
Конт, Огюст (Auguste Comte) *383–384*
«Контакт» (фильм) *189*
Коперник, Николай (Copernicus) *183*
Кореш, Дэвид (David Koresh) *371*
«Коро», спутник *198*
Космические лучи *194, 258, 402*
Космические путешествия, звездолеты *10, 17, 25, 32, 141, 147, 180, 182, 198, 202, 207, 214, 218–250, 259, 273–274, 277, 280, 282, 287–293, 302*
— будущее и *249–250*
— внеземная жизнь и *182, 207*
— временное прекращение жизненных функций и *243–245*
— и скорость света *273–274, 277, 280, 282*
— космический лифт и *233–237*



— кротовые норы и *17, 287–293*
— летающие тарелки и *182, 214*
— нанотехнология и *245–249*
— опасности к.п. *241–243*
— рельсовая пушка и *239–241*
— солнечный парус и *223–225*
— эффект пращи и *238–239*
См. также ракеты, ракетная техника
Космические струны *307*
Космический лифт *233–237*
Космический телескоп им. Хаббла *12, 284*
Космический челнок *32, 221, 229, 231–233, 242–243*
— космические путешествия и *221, 242–243*
Космическое сознание *333*
Космологическая константа *391, 393–394*
«Космос-1», космический парус *224*
Кошки Шрёдингера парадокс *331–333*
Краусс, Лоренс (Lawrence Krauss) *20*
Кристаллы *47, 55–57, 60, 70, 73–74, 244*
— лазеры и *70, 73–74*
Кристофер, Милбурн (Milbourne Christopher) *116*
Кричевски, Стюарт (Krichevsky, Sturart) *22*
Кронин, Джеймс (James Cronin) *267*
Кросвелл, Кен (Ken Croswell) *20*
Кросс, Джомми (Jommy Cross) *111*
Кротовые норы *17, 280–281, 284, 287–293, 295, 297, 306, 308, 311–313, 341, 363*
— и скорость света *280–281*
— обратимые к.н. *290, 308*
— проблемы с к.н. *290–292, 311–313*
— путешествия во времени и *306, 308*
— черные дыры и *287–293, 311–313*
«Курс философии» (О. Конт) *383*
Курцвейл, Рей (Ray Kurzweil) *20, 180*
Кэрри (Carrie) *136*
«Кэрри» (С. Кинг) *136*
Кэрри, Джим (Jim Carrey) *125, 135*
Кэрролл, Льюис (Lewis Carroll) *287*

Л

Лазеры *30, 34–35, 41, 56, 63, 65–68, 70–79, 81–86, 89, 103, 106, 114, 127, 141, 149–150, 182, 190, 216, 224–225, 232, 237, 241, 249, 273, 292, 295, 296, 330, 341, 379, 388, 390, 401*
— внеземная жизнь и *182, 190, 216*
— Звезды смерти и *65, 76–77*
— как лучевое оружие *65, 74–76*
— как работают л. *70–72*
— космические путешествия и *224–225, 232, 237, 241, 249*
— невидимость и *56, 63*
— рентгеновские с ядерной накачкой *82–86*
— телекинез и *141, 149, 150*
— телепатия и *114, 127*
— типы л. *72–74*
— термоядерный синтез и *77–79, 81*

— ускорители частиц и *295–296*
— физические поля и *30, 34–35, 41*
Лазеры на красителях *73–74*
Лайтман, Алан (Alan Lightman) *22*
Ламоро, Стивен (Steven Lamoreaux) *285*
Ланг, Фриц (Fritz Lang) *156*
Ласкер, Жак (Jacques Lasker) *193*
«Лев, колдунья и платяной шкаф» (К. Льюис) *314*
Леви, Уолтер (Walter Levy) *116*
Левитация *35–49, 140–141, 146*
— магниты и *35, 38, 40–41*
— телекинез и *140–141, 146*
Ледерман, Леон (Leon Lederman) *19, 381*
Лезек, Анри (Henri Lezec) *55*
Лейбниц, Готтфрид (Gottfried Leibniz) *67*
Лейн, Лоис (Lois Lane) *301, 315*
Лемоник, Майкл (Michael Lemonick) *21*
Ленат, Дуглас (Douglas Lenat) *166–167*
Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci) *155, 353*
Летающие тарелки *210–217*
Лея, принцесса (Princess Leia) *63, 65*
Ли, Стэн (Stan Lee) *20*
Ли Цундао (Tsung-Dao Lee) *266*
Лизерль, дочь Эйнштейна (Lieserl) *274*
Ликкен, Джозеф (Jospeh Lykken) *20*
Линде, Андрей (Andrei Linde) *341–342*
Линден, Стефан (Stefan Linden) *54*
Лихи, Уильям (William Leahy) *65*
Ллойд, Сет (Seth Lloyd) *21*
Ложного вакуума теория *380*
Лоусона критерий *78*
Лукас, Джордж (George Lucas) *66*
Лучевое оружие *7, 35, 65–68, 74–76, 89*
— в истории *66–68*
— лазеры как *74–76*
Льюис, Клайв (Clive S. Lewis) *314*
Лэнглебен, Дэниел (Daniel Langleben) *122–123*
«Люди в черном» (фильм) *206*

М

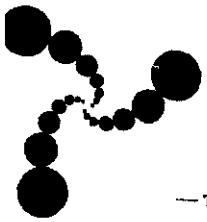
Магнетизм, магнитное поле *9, 27–28, 30, 32–33, 35–38, 40–41, 45–46, 49, 56, 63, 79–82, 88, 107–108, 118–120, 126–127, 130, 140, 194, 215–216, 223, 230, 239–241, 243, 246, 252, 254, 259, 344*
— антивещество и *252, 254, 259*
— космические путешествия и *239–240, 246*
— летающие тарелки и *215–216*
— сканирование мозга и *118–120, 126–127*
— термоядерный синтез и *79–82*
— физические поля и *27–28, 30, 32–33, 35–38, 40–41*
Магнитное удержание *79–82*
Магнитно-резонансная томография (МРТ) *119–120, 122–129, 131–132, 151*
— детектор лжи и *120, 122–123*
— ручной аппарат для *126–127*

— телепатия и *131–132*
— функциональная *120, 123–127*
Магнитоплазменная ракета с переменным удельным импульсом (VASIMR) *222*
Мазер *70*
Майерс, Фредерик (Frederic W. Myers) *114*
Майкельсон, Альберт (Albert A. Michelson) *383*
Майор, Мишель (Michel Mayor) *196*
Макалир, Джеймс (James McAlear) *153*
Макбет (Macbeth) *368–369*
«Макбет» (У. Шекспир) *368*
Макгинн, Колин (Colin McGinn) *154*
Макдуф (Macduff) *368–369*
Максвелл, Джеймс Клерк (James Clerk Maxwell) *31, 44–47, 68, 95, 119, 140, 276, 319–320, 358, 372–373, 405*
— невидимость и *44–47*
— об электромагнетизме *31*
— о свете *68, 276*
— параллельные вселенные и *319–320*
— предвидение будущего и *372–373*
Макфлай, Марти (Marty McFly) *310*
Марич, Милева (Mileva Maric) *274*
Маркони, Гульельмо (Guglielmo Marconi) *364*
Марс *8, 22, 67, 121, 161, 170, 184, 193, 221, 223, 241–242, 255, 259, 276, 369*
— автоматические роверы на *161, 170*
— антивещество и *255, 259*
— внеземная жизнь и *184*
— космические путешествия и *221, 223, 241–242*
Марстон, Уильям (William Marston) *121*
Марцелл (Marcellus) *67*
Масштаба закон *204*
Мах, Эрнст (Ernst Mach) *358*
«Машина времени» (Г. Уэллс) *300*
Мелиа, Фульвиа (Fulvia Melia) *21*
Международная космическая станция *80, 221, 233*
Международный линейный коллайдер *293*
Международный термоядерный экспериментальный реактор (ITER) *80, 82, 226*
Мейснера эффект *40, 146*
Метаматериалы *42, 48–49, 51–52, 54–58*
Метеориты *10, 186, 193–194, 220, 237, 242–243, 283–284*
«Метрополис» (фильм) *156*
Микроволны, микроволновое излучение *46, 48–49, 52, 70, 237, 330, 385*
— невидимость и *46, 48–49, 52*
Миллер, Стэнли (Stanley Miller) *181, 186*
Миллер, Уильям (William Miller) *370*
Минг Безжалостный (Ming the Merciless) *44*
Мински, Марвин (Marvin Minsky) *20, 171, 176, 181*
Миранда (Miranda) *135*
Мирволд, Натан (Nathan Myhrvold) *48*

Митчелл, Эдвард Пейдж (Edward Page Mitchell) *91*
Митчелл, Том (Tom Mitchell) *125*
Мичелл, Джон (John Michell) *399*
Множественности миров теория *311, 334, 336*
— параллельные вселенные и *311, 334, 336*
Мозг *109, 118–133, 139, 141–146, 151, 154, 160, 162–164, 167, 169–171, 174–176, 181, 202, 245, 316*
— роботы и *154, 160, 162–164, 167*
— сканы м. *118–120, 124*
— телекинез и *141–146*
— телепатия и *129–131*
Монополь *215–216, 344*
Моравек, Ганс (Hans Moravec) *20, 172, 174, 180–181*
Морбиус (Morbius) *136*
Мориарти (Moriarty) *92*
Моррисон, Филип (Philip Morrison) *188*
Мультивселенная *310, 315, 325–326, 329–330, 335, 337, 340, 345*
Мура закон *53, 177–179, 181*
«Муха» (фильм) *92*
Мэдден, Сэмьюел (Samuel Madden) *300*

Н

Набоков, Владимир *136*
«Назад в будущее» (фильм) *35, 38, 301, 310*
Наир, В.П. (V.P. Nair) *22*
Нанотехнология *34–35, 41, 52, 55, 57, 59–62, 75–76, 110, 146, 148–152, 216, 245–249, 332*
— космические путешествия и *216, 245–249*
— лучевое оружие и *75–76*
— невидимость и *59–62*
— роботы и *146, 148–152, 246–248*
— углерод и *34–35, 41, 235–236*
Настольный струйный плазменный ускоритель *296*
Научная фантастика *7–8, 10–12, 17, 29–31, 35, 38–39, 41–42, 44, 65–67, 70, 74–76, 79, 85, 91–93, 99, 103–104, 106, 112, 124–125, 127, 132–133, 136, 139, 147, 154–156, 161, 172, 182–184, 215, 219, 234, 239, 244–245, 249–250, 256, 264–265, 274, 279, 281–282, 285, 301, 318, 335, 344, 400*
— антивещество и *250, 256, 264–265*
— внеземная жизнь и *182–184*
— Звезды смерти и *65–66, 76, 79, 85*
— и скорость света *274, 281–282, 285*
— космические путешествия и *219, 234, 239, 244–245, 249*
— летающие тарелки и *215*
— лучевое оружие и *67, 70, 74–76*
— невидимость и *42, 44*
— параллельные вселенные и *264–265, 335, 344*
— путешествия во времени и *301, 318*
— роботы и *147, 154–156, 161, 172*
— силовые поля и *30–31, 35, 41*
— тахионы и *279*
— телекинез и *139*



— телепатия и *112, 124–125, 127, 132–133*
— телепортация *91–93, 99, 103–104, 106*
Национальное управление по аэронавтике и космосу (NASA) *170, 188, 199, 221–222, 229, 231, 235–236, 238, 240, 247–249, 255, 258, 284, 387*
— антивещество и *255, 258*
— внеземная жизнь и *188, 199*
— космические путешествия и *221–222, 227, 229, 231, 235–236, 238, 240, 247–249*
— отрицательное вещество и *284*
Нацисты *67, 158, 333*
Невидимость *7, 16, 42–64, 327–328, 332–333, 393*
— атомная теория и *46, 47*
— в истории *43–44*
— голограммы и *62–64*
— Максвелл и *44–48*
— метаматериалы и *48–52*
— нанотехнология и *59–62*
— параллельные вселенные и *327–328, 332–333*
— через плазмонику *55–56*
Невозможное, невозможность *9–18, 25, 41–42, 51, 64–66, 68, 75–76, 89, 93, 96, 98, 101, 106, 110–111, 115, 123, 125, 132–133, 146, 152, 154, 157, 159, 178, 192–193, 196, 217, 219, 226, 233–234, 236–237, 249, 253, 259, 265, 267, 269, 273, 276–277, 279, 283, 286, 288, 291, 297, 299, 301–302, 305, 309, 313, 316–317, 320, 331, 333, 336, 340, 346, 351, 356, 359, 366, 373, 376, 380–385, 389, 391, 394, 399–400, 403–404, 406*
— будущее н. *382–406*
— изучение н. *12–16*
— категории н. *16–17*
— относительность н. *9–12*
— список н. *384*
— увлеченность М. Каку н. *7–18*
Нейгл, Мэтью (Mathew Nagle) *143–144*
Нейронная сеть *125, 127–128, 132, 169–171*
— мозг как *128, 131–132*
— роботы и *169–171*
Нейтрино, нейтринное излучение *252, 328, 386, 400–401, 406*
Нейтронная звезда *88, 238–239, 340, 387, 390*
Неопределенности принцип *61, 93, 96, 160, 178, 285, 335*
Нётер, Эмми (Emmy Noether) *361–362*
Нивен, Ларри (Larry Niven) *38*
Новиков, Игорь *310*
Нордли, Джеральд (Gerald Nordley) *246*
Нострадамус (Nostradamus) *367–368*
Ньютон, Исаак (Isaac Newton) *12, 44–46, 68–69, 93–95, 97, 119, 200, 260, 263–265, 274–276, 301, 324, 330–331, 357–358, 372, 381, 386, 392–393*
— антивещество и *260, 263–265*
— Дирак и *263–264*

— и будущее невозможного *386, 392–393*
— и сохранение энергии *358*
— квантовая теория и *68–69*
— о свете *275–276*
— параллельные вселенные и *301, 324, 330–331*
— предвидение будущего и *372, 381*
— телепортация и *93–95, 97*
— Эйнштейн и *265, 274–275*

О

«Обнаженная фигура, спускающаяся по лестнице» (М. Дюшан) *318*
Одиннадцать измерений *325–326*
«Озма», проект *188*
«О небе» (Аристотель) *316*
Оппенгеймер, Роберт (J. Robert Oppenheimer) *83, 289, 321*
Оптическая маскировка *62—63*
«О расстоянии» (Птолемей) *316*
Орд-Хьюм, Артур (Arthur Ord-Hume) *353*
«Орион», космический корабль *221, 229–231*
«Освобожденный мир» (Г. Уэллс) *14*
Ослер, сэр Уильям (William Osler) *14*
«Особое мнение» (фильм) *38*
Относительности теория *11, 46, 261–262, 278–281*
— и квантовая теория *304, 312*
— и параллельные вселенные *317–319, 322, 338*
— лазейки в *278–281*
— общая *279–283, 287*
— специальная *262, 279–280, 302*
Отрицательная энергия *261, 262, 281–282, 284–285, 291, 297, 301, 308, 311, 338, 378–379*
— кротовые норы и *301, 308*
Отрицательное вещество *282–284, 290–291, 378*

П

Пайк, Джон (John Pike) *22*
Параллельные вселенные *7, 11, 290, 310–311, 314–346, 350, 363*
— вечный двигатель и *350*
— гиперпространство и *316–321*
— квантовая теория и *315, 330–338*
— мультивселенная и *315, 325–330*
— путешествия во времени и *310–311*
— теория струн и *321–325*
— типы п.в. *315, 325, 335, 342*
Парамагнетики *40–41*
«Париж в XX веке» (Ж. Верн) *11*
Паули, Вольфганг (Wolfgang Pauli) *396–397, 400*
Пеннинга ловушка *255*
Пенроуз, Роджер (Roger Penrose) *154, 160*
Пенфилд, Уайлдер (Wilder Penfield) *130*
Передача мыслей *129–131*
Переменный удельный импульс *222*
Персей (Perseus) *43*
Персингер, Майкл (Michael Persinger) *130*

Персональный производитель *149*
Пёрселл, Уильям (William Purcell) *257*
Пикард, Розалинда (Rosalind Picard) *175*
Пикассо, Пабло (Pablo Picasso) *317–318*
Пиковер, Клиффорд (Clifford Pickover) *202*
Пикоцца, Пьерджорджо (Piergiorgio Picozza) *258*
Пифагорейцы *395*
Плазма *31–34, 41, 75–76, 79–80, 221–223, 232, 243, 295–296*
— космические путешествия и *221–223, 232, 243*
— термоядерный синтез и *79–80*
— ускорители частиц и *295*
— физические поля и *33–34, 41*
Плазмоника *55–57*
Планеты *7, 30, 65, 96–97, 136, 183–184, 186–188, 191–200, 203, 206, 211, 217, 219–220, 222, 224, 231, 264–265, 269, 273, 283, 294, 314, 369*
См. также внесолнечные планеты
Планк, Макс (Max Planck) *68–69, 134*
Планковская энергия *293–295, 297, 341*
Платон (Plato) *43*
Плутон *230, 233, 259, 276*
Подольский, Борис *99, 279*
Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) *119*
Ползик, Евгений (Eugene Polzik) *104*
Полупроводники *73, 247–248, 262*
— космические путешествия и *247–248*
Поттер, Гарри (Harry Potter) *42, 44, 47, 51, 58*
Праци эффект *238*
Предвидение будущего *367–372, 375, 377, 381–382*
— возможность п.б. *371–372*
— и опережающие волны из будущего *372, 377*
— Судный день *369–371, 375*
Принятие решений *174*
Причины и следствия закон *372, 376–377, 379–381*
«Прометей», проект *229*
Просперо (Prospero) *135–136*
Пространство-время *46, 279–281, 286–287, 292–295, 297, 308, 313, 319, 323, 327, 342–344, 380, 386–387*
— и скорость света *279–280, 286*
— кротовые норы и *287–293, 306*
— параллельные вселенные и *323, 326–327, 336–337, 340, 342–344*
— пена и *294–295, 308, 336–337, 340, 342–344*
— путешествия во времени и *308, 313, 319*
— разрыв *280, 292–293*
— растягивание *280–281, 287*
— ускорители частиц и *293–297*
Противоракетный щит *84, 239*
Прохоров, Александр *70*
Прямоточный термоядерный двигатель *216, 225–227, 232*

Птолемей Александрийский (Ptolemy of Alexandria) *316*
Пуньо, Никола (Nicola Pugno) *236*
Путешествия во времени *7, 11, 15, 18, 20, 238, 298–313, 371–372, 374–381*
— будущее и *371–372*
— изменение прошлого и *372, 374–376, 378–379, 381*
— как полигон для физиков *303–309*
— парадоксы п.в. *309–313*
— Хокинг и *15, 298, 303, 305, 312*
Путхофф, Гарольд (Harold Puthoff) *117*
Пфунгст, Оскар (Oskar Pfungst) *113*
Пфуртшеллер, Герт (Gert Pfurtscheller) *129*
Пятое измерение *319–320, 232*

Р

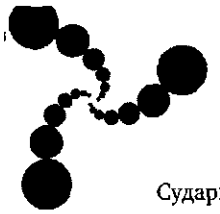
Радзиковски, Марек (Marek Radzikowski) *312*
Радио, радиосигналы, радиоволны *12, 30, 49, 65, 70, 72, 119–120, 127, 129–130, 133, 184, 187–191, 223, 248, 265–266, 269, 334, 364, 372, 386, 397*
— антивещество и *265–266, 269*
— внеземная жизнь и *184, 187, 191*
— космические путешествия и *223, 248*
— лазеры и *70, 72*
— телекинез и *141, 149*
— телепатия и *119–120, 127, 129–130, 133*
Райн, Джозеф Бэнкс (Joseph Banks Rhine) *115–116*
Райн, Луиза (Louisa Rhine) *115*
Ракеты, ракетная техника *7–8, 13–14, 25–26, 73, 84–85, 93, 214, 218–250, 254, 256, 259, 281–287, 301–302*
— антивещество и *256, 259*
— лучевое оружие и *84–85*
— с атомным двигателем *227–229*
— с двигателем Алькубьерре *281–287*
— с ионным двигателем *221–223*
— с плазменным двигателем *221–223*
— с прямоточным термоядерным двигателем *225–227*
— с термоядерным импульсным двигателем *229–231*
— с химическим реактивным двигателем *220–221, 254*
— удельный импульс и эффективность двигателя *231–233*
— физические поля и *25–26*
См. также космические путешествия; звездолеты
Распознавание образов *126–127, 129, 142, 144, 151, 161–165, 168, 171*
«Распятие» (С. Дали) *318*
Расселл, Бертран (Bertrand Russell) *219*
Расселл, Чарльз Тейз (Charles Taze Russell) *370–371*
Редхеффер, Чарльз (Charles Redheffer) *354*
Резерфорд, сэр Эрнест (Sir Ernest Rutherford) *12*

Реквиха, Аристидес (Aristides Requicha) *150–151*
Религия *66, 90, 130, 183, 209, 332, 367, 370*
— параллельные вселенные и *332*
— предвидение будущего и *367, 370*
— телепортация и *90*
Рельсовая пушка *239–241, 247*
Релятивистское уравнение *261*
Рентген, Вильгельм (Wilhelm Roentgen) *364*
Репликатор *147, 149*
Риджуэй, Гэри (Gary Ridgway) *121*
Риман, Георг Бернхард (Georg Bernhard Riemann) *317*
Рис, сэр Мартин (Sir Martin Rees) *21, 273, 281, 304, 329*
Роботы, робототехника *136, 146–181, 236, 241, 248*
— космические путешествия и *236, 241, 248*
— нанотехнология и *146–152*
— опасность р. *177–181*
— слияние человечества и р. *172, 180*
— сознание р. *175–177*
— телекинез и *136*
— эмоциональные р. *172–175*
См. также искусственный интеллект
«Ровер», проект *227*
Родденберри, Джин (Gene Roddenberry) *93, 136*
«Рождественская песнь» (Ч. Диккенс) *300*
Розен, Натан (Nathan Rosen) *99*
Розенфельд, Питер (Peter Rosenfeld) *122*
Ромалис, Майкл (Michael Romalis) *126*
 Porep, Генрих (Heinrich Rohrer) *59*
Ротблат, Джозеф (Joseph Rotblat) *19*
Рубик, Беверли (Beverly Rubik) *251*
Рузвельт, Франклин (Franklin D. Roosevelt) *14*
Рэндалл, Лайза (Lisa Randall) *20*
Рэнди Удивительный (The Amazing Randy) *137*

С

Саббатай Цви (Sabbatai Zevi) *369–370*
Савуков, Игорь (Igor Savukov) *126*
Саган, Карл (Carl Sagan) *8, 17, 21, 187, 195, 219, 225*
Саламон, Майкл (Michael Salamon) *22*
«Сами боги» (А. Азимов) *349, 363*
Саффо, Пол (Paul Saffo) *22*
Сахаров, Андрей *256–258*
Сверхпроводники *36–41, 68, 80, 146*
— телекинез и *146, 151*
— физические поля и *36–41*
Сверхчувственное восприятие *126*
Свет *7, 28, 45–59, 62–63, 68, 70–71, 73, 75, 85, 94, 100–101, 103–106, 184, 192, 196, 198–200, 207, 210–212, 223–225, 227, 229–233, 238, 241, 246, 248, 254, 260, 264, 269, 273–297, 301–302, 308, 317, 319, 328, 361, 372, 377–380, 385–387, 399, 405–406*

— внеземная жизнь и *184, 192, 196, 198–200, 207, 210–212*
— изгибание луча с. *57–58*
— лазеры и *70–71, 73*
— лучевое оружие и *72, 75–76*
— Максвелл о *68, 276*
— невидимость и *45–47, 49–59*
— параллельные вселенные и *317, 319–320, 328*
— при движении назад во времени *372*
— путешествие быстрее с. *273–297*
— скорость с. *100–101, 277–278, 288, 301–302, 308, 385*
— тахионы и *377–380*
— телепортация и *94–95, 101, 103–106*
— фотоэлектрический эффект и 68
Световой меч *70, 72, 75–76, 89*
Сильное ядерное взаимодействие *31*
Симметрии *200–201, 257, 267–269, 361–363, 401*
Симметрии по заряду и четности (CP-симметрии) нарушение *257*
Сингх, Саймон (Simon Singh) *21*
«Синяя книга», проект *210–211*
Сирл, Джон (John Searle) *154, 159–160*
Система телескопов Аллена *190*
Скайуокер, Люк (Luke Skywalker) *65, 273*
Сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ) *151*
Сканирующий туннельный микроскоп *59–60, 151, 332*
Скотти (Scotty) *90*
Скрудж, Эбенезер (Ebenezer Scrooge) *300*
Скрытая масса *284, 327–328, 401*
Слабое ядерное взаимодействие *31*
«Слэн» (А. Ван-Вогт) *111*
Смит, Джеральд (Gerald Smith) *254–256*
Смит, Дэвид (David Smith) *51*
Смолин, *Ли (Lee Smolin) 345*
Снайдер, Хартланд (Hartland Snyder) *289*
Солнечный парус *223–225, 246, 259*
Соло, Хан (Han Solo) *273*
«Сон» (И. Кеплер) *223*
Спилберг, Стивен (Steven Spielberg) *179*
Спок (Spock) *314*
Спрюлл, Стивен (Steven G. Spruill) *298*
Стандартная модель *321–322, 325, 381, 394, 405–406*
— и будущее невозможного *394, 405–406*
Струн теория *11, 29, 321–327, 389, 394–395, 397–402*
— и будущее невозможного *389, 397–399*
— и теория всего *394–395, 397*
— параллельные вселенные и *321–327*
— проверяемость т.с. *399–402*
Стэнфордский линейный ускоритель *293, 295–296*



Сударшан, Джордж (George Sudarshan) *379*
Судный день *369–370, 375*
Судзуки, Махико (Mahiko Suzuki) *398*
Сукулис, Костас (Costas Soukoulis) *54*
Суперлинза *54*
«Супермен» (фильм) *301*
Суперчастица *325*
Сцилард, Лео (Leo Szillard) *14*

Т

Талбурн, Майкл (Michael Thalbourne) *138*
Тарг, Расселл (Russell Targ) *117*
Тартер, Джил (Jill Tarter) *189, 231*
Таунс, Чарлз (Charles Townes) *70*
Таунсенд, Пол (Paul Townsend) *325*
Тахионы *377–381*
Твен, Марк (Mark Twain) *42, 251, 300*
Твердотельные лазеры *73*
Тегмарк, Макс (Max Tegmark) *327, 395*
Тейлор, Тед (Ted Taylor) *21, 229–230*
Телекинез *16, 134–152*
— мозг и *141–146*
— наука и *137–141*
— реальный мир и *137*
— роботы и *146–152*
Телепатия *16, 111–133*
— детекторы лжи и *120–124*
— «Звездные врата» и *116*
— как трюк иллюзиониста *112–114*
— мозг и *118–120, 127–129, 131–133*
— передача мыслей и *129–131*
— психические исследования и *114–116*
— этические проблемы, связанные с *112, 125*
Телепортация 10, 15–16, 90–110
— без запутывания *104–107*
— квантовая теория и *93–104*
— научная фантастика и *91–93*
— эксперимент ЭПР и *99–102, 279*
Теллер, Эдвард (Edward Teller) *83*
Темная материя *284, 327–328*
См. также скрытая масса
Темная энергия *364–366, 391*
Теорема о неполноте *160, 395, 402–405*
«Терминатор» (фильм) *154, 310*
Термодинамики законы *13, 350, 356–357, 359–365*
— ITER и *80, 82*
— и вечные двигатели *356–357*
— и симметрии *361–363*
— и сохранение энергии *363–365*
— и энтропия *356, 359–361*
Термоядерный синтез *77–82, 225–226*
— инерционное удержание для *77–79*
— космические путешествия и *225–226*
— магнитное удержание для *79–82*
Тесла, Никола (Nikola Tesla) *363–365*
Тессье-Лавинь, Марк (Marc Tessier-Lavigne) *132*
Технология «стелс» *47, 213*
Тёрнбулл, Маргарет (Margaret Turnbull) *231*
Толкин, Джон (John R.R. Tolkien) *44*

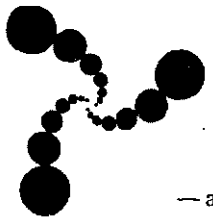
Томонага, Синъитиро (Sin-Itiro Tomonaga) *377*
Тор, бог (Thor) *66*
Торн, Кип (Kip Thorne) *290–291, 305, 325, 389–390*
Тоффлер, Элвин (Alvin Toffler) *21*
Три измерения *57, 64, 162, 316, 320, 323, 327*
Трюки со шляпой *113*
Тутмос III, фараон (Thutmose III) *210*
Тьюринг, Алан (Alan Turing) *156–159*
— машина Т. *128, 156–157, 248*
— тест Т. *159, 179*

У

Уайльд, Оскар (Oscar Wilde) *318*
Уайт, Теренс (Terence H. White) *15*
Углерод *34–35, 41, 61, 180, 185–186, 235–236*
— внеземная жизнь и *185–86*
— нанотрубки и *34–35, 41, 235–236*
— фуллерены и *61*
Удельный импульс *222, 231–233*
«Удивительный визит» (Г. Уэллс) *318*
Уилер, Джон (John Wheeler) *335, 373, 375, 385*
Уиллис, Э. (E.P.Willis) *354*
Уиттен, Эдвард (Edward Witten) *325*
Улам, Станислав (Stanislaw Ulam) *229*
«Умная пыль» *247*
Умный Ганс *113, 115*
Универсальный переводчик *124, 126*
Уолд, Роберт (Robert Wald) *312*
Уоллис, Джон (John Wallis) *317*
Уорд, Питер (Peter Ward) *195*
Уотсон, Фред (Fred Watson) *21*
«Упорство памяти» (С. Дали) *318*
«Уравнение Януса» (С. Спрюлл) *298*
Ускорители частиц *9, 12, 31, 278, 293–296, 321, 323, 341, 378, 399, 406*
— антивещество и *252–253, 255–256, 378*
— параллельные вселенные и *321, 323, 341*
— разрывы пространства и *293*
Уэзерилл, Джордж (George Wetherill) *193*
Уэллс, Герберт (Herbert G. Wells) *14, 44, 64, 67, 135, 184, 298, 300–301, 318, 327*
— невидимость и *44, 64*
— параллельные вселенные и *318, 327*
— путешествия во времени и *298, 300–301*
Уэллс, Орсон (Orson Welles) *183*

Ф

Фаллетта, Николас (Falletta, Nicholas) *367*
Фарадей, Майкл (Michael Faraday) *26–29, 44–45, 239*
Фахри, Эдвард (Edward Fahri) *343*
Фейнберг, Джеральд (Gerald Feinberg) *378–379*
Фейнман, Ричард (Richard Feynman) *59, 265–366, 330–331, 373–377, 398*



— антивещество и *265–366*
— и опережающие волны из будущего *373–377*
— квантовая теория и *330–331*
«Феникс», проект *189*
Фердинанд (Ferdinand) *135*
Ферми, Энрико (Enrico Fermi) *321*
Феррис, Тимоти (Timothy Ferris) *21*
Физика, физики
— деятельность М. Каку как *9, 18*
— Звезды смерти *85–86*
— игровая площадка ф. *303–309*
— полнота ф. *402–406*
— развитой цивилизации *207–210*
Физические поля *25–41*
— для защитных экранов *34*
— магнитная левитация и *35–41*
— плазменные окна и *32–35*
— Фарадей и *26–29*
— четыре фундаментальных взаимодействия и *29–32*
Фитч, Вэл (Val Fitch) *267*
«Флэш Гордон» (сериал) *7, 44, 259*
Фокс, Майкл (Michael J. Fox) *35, 310–311*
Фон Иггглехайм, граф (von Iggleheim) *369*
Фон Нейман, Джон (John von Neumann) *248*
— зонды ф.Н. *48*
Фостер, Джоди (Jodie Foster) *189*
Фотерингей, Джордж (George Fotheringay) *134*
Фотолитография *53, 57*
Фотон *16, 68–71, 101–103, 106, 264, 312*
— лазеры и *70–71*
Фотонный кристалл *55–57*
Фотоэлектрический эффект *68*
Фотохроматики *35*
Фридман, Луис (Louis Friedman) *22*
Фрост, Роберт (Robert Frost) *219, 391*
Фуллерены *61*
Фултон, Роберт (Robert Fulton) *354*

X

Хаббл, Эдвин (Edwin P. Hubble) *8, 393*
Хайман, Рей (Ray Hyman) *140*
Хайман, Стивен (Steven Hyman) *123*
Хайнлайн, Роберт (Robert Heinlein) *234, 319*
Харрисон, Эдвард (Edward Harrison) *345*
Хау, Стивен (Steven Howe) *255*
Хейнс, Джон (John Haynes) *125*
Хендерсон, Линда Дальримпл (Linda Dalrymple Henderson) *317–318*
Химические лазеры *72–73*
Хокинг, Стивен (Stephen Hawking) *15, 143, 260, 262, 298, 303–305, 312, 321, 337, 395, 402, 404*
— и теория всего *402*
— теорема о неполноте и *395, 404*
— параллельные вселенные и *321, 337*
— путешествия во времени и *303–305, 312*
Холодная война *86, 116, 201*
Холдейн, Джон (John B.S. Haldane) *349*
Холмс, Шерлок (Sherlock Holmes) *92*

Хорган, Джон (John Horgan) *21*
Хоффман, Джеффри (Jeffrey Hoffman) *21*
Хофштадтер, Дуглас (Douglas Hofstadter) *164*
Хусейн, Саддам (Saddam Hussein) *118*

Ц

Центральное разведывательное управление (ЦРУ) *108, 117–118, 121, 213*
Центробежная сила *233–234, 242*
Цивилизации *10, 17, 26–29, 86, 88, 90, 112, 180, 184, 187–191, 207–210, 216–219, 266, 292, 294–295, 297, 308, 310, 331, 341, 343–346, 349, 351, 371, 382, 390*
— внеземная жизнь и *184, 187–191, 216–217, 266*
— и скорость света *292, 294–295, 297*
— параллельные вселенные и *331, 341, 343–346*
— путешествия во времени и *308, 310*
— типы *207–210*
Циолковский, Константин *218, 234*

Ч

Чанг-Диас, Франклин (Franklin Chang-Diaz) *222*
Чапек, Карел (Karel Capek) *155*
Частичное запрещение ядерных испытаний, договор о *228, 230*
Челленджер, профессор (Challenger) *92*
«Человек без тела» (Э. Митчелл) *91*
«Человек-невидимка» (Г. Уэллс) *44, 64, 327*
Черные дыры *12, 18, 88–89, 208, 220, 287–292, 303–304, 306–307, 318, 322, 340, 342, 387, 390, 399–401*
— и будущее невозможного *387*
— источники гамма-всплесков и *87–88*
— кротовые норы и *287–292*
— скорость света и *292, 295*
— Хокинг о *303–304*
Четыре измерения, четвертое измерение *44, 64, 316–319, 323–324, 327, 401*
«Число зверя» (Р. Хайнлайн) *319*
Чудо-Леди *115–116*

Ш

Шварц, Джон (John Schwarz) *398*
Шварц, Питер (Peter Schwarz) *21*
Шварценеггер, Арнольд (Arnold Schwarzenegger) *310*
Шварцшильд, Карл (Karl Schwarzschild) *287–288, 290*
Швингер, Джулиан (Julian Schwinger) *377*
Шейки, робот *162*
Шекспир, Уильям (William Shakespear) *114, 134–135, 368*
Шеннон, Клод (Claude Shannon) *160*
«Шива», лазер *78*
Ширли, Донна (Donna Shirley) *22*
Шмайдлер, Гертруда (Gertrude Schmeidler) *138–139*

Шолл, Роджер (Roger Scholl) *22*
Шор, Питер (Peter Shor) *109*
Шостак, Сет (Seth Shostak) *21, 190*
Шоу, Стив (Steve Shaw) *138*
Шрёдингер, Эрвин (Erwin Schroedinger) *69, 94–97, 99, 260–261, 330–331, 337, 396*
— волновое уравнение Ш. *69, 94–97, 99, 260–261, 337*
— телепортация и *94–99*
Штрумпф, Карл (Carl Strumpf) *113*

Э

Эверетт, Хью (Hugh Everett) *333, 335*
Эдвардс, Майкл (Michael Edwards) *138*
Эддингтон, Артур (Arthur Eddington) *289, 360, 396*
Эделман, Джеральд (Gerald Edelman) *19*
Эдисон, Томас (Thomas A. Edison) *363*
Эймс, Олдрич (Aldrich Ames) *121*
Эйнштейн, Альберт (Albert Einstein) *7–9, 12, 14, 18, 29, 46, 68–69, 77, 94, 96, 99–101, 104, 106, 226, 260–261, 265, 274–281, 283, 287–289, 291, 301–302, 304, 306, 312, 317, 319–320, 322–323, 325, 330–332, 339, 359, 386*
— антивещество и *260–261, 265*
— и будущее невозможного *387, 392–393, 396, 400, 406*
— и скорость света *94, 101, 274, 378*
— и теория всего *312, 325, 395–396*
— КБЭ и *104, 106*
— квантовая теория и *330–332*
— о времени *226, 301*
— параллельные вселенные и *317, 319–320, 322–323, 325*
— путешествия во времени и *301–302, 304, 306*
— теория относительности Э. *275–279, 287, 301, 312, 317, 319*
— черные дыры и *288–289, 304*
— эксперимент ЭПР и *99–102, 279*
Эйнштейна линза *283–284*
Эйнштейна–Розена мост *279, 289–290*
Эксимерные лазеры *73*
Эксперимент по бросанию монетки *139*
Электричество *27–33, 37, 45, 49, 55, 57, 60, 68, 70–72, 78, 80, 82, 118–119, 122, 128, 136, 140, 153, 170, 178–179, 185–186, 190, 214, 222, 230, 236, 239, 246–248, 252, 254, 337–338, 352, 364*
— космические путешествия и *222, 230, 236, 239, 246–248*
— лазеры и *70–72*
— мозг и *118–119, 122, 128*
— роботы и *153, 170, 178–179*
— термоядерный синтез и *78, 80, 82*
— физические поля и *27–33, 37*
Электромагнетизм *28, 30, 45–46, 56, 63, 88, 119, 130, 140, 146, 239–240, 246*
— Максвелл и *140*
— телекинез и *146*
— физические поля и *28, 30*
Электрон как волна *56, 69, 94–96*

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) *119, 141*
— телекинез и *141*
— телепатия и *119*
Элиот, Томас (Thomas S. Eliot) *391*
Эмоциональные роботы *172–175*
Энергия *14, 25, 37, 40, 64, 66–72, 74–80, 82–83, 85–86, 94, 105, 119, 141, 186, 207–209, 226–227, 239, 245, 253–255, 261–262, 274, 277–279, 282, 284–286, 291–297, 308, 311, 338, 340, 342–344, 349–356, 358–359, 361–366, 374, 377–378, 391, 393, 401*
— вечный двигатель и *349–356*
— для Звезд смерти *76–77*
— и будущее невозможного *391, 393, 401*
— из вакуума *363–366*
— история через э. *351–352*
— от водородных бомб *83–86*
— планковская *293–296*
— сохранение э. *141, 285, 358, 361–362, 365*
— тахионы и *377–378*
См. также электричество; отрицательная энергия
«Энигма», машина *158*
Энтропия *356–357, 359–360*
Эпименид (Epimenides) *404*
ЭПР, эксперимент *99–102, 279*
Этуотер, Гарри (Harry Atwater) *55*
Эшер, Мориц (Maurits C. Esher) *111*

Ю

Юлий Обсеквенс (Julius Obsequens) *210*
Юпитер, юпитероподобные планеты *161, 192–193, 196–198, 229, 291, 369*
— внеземная жизнь и *196–198*
Юри, Гарольд (Harold Urey) *185*

Я

«Я, робот» (фильм) *153*
Ядерный распад *13–14, 31, 223, 331*
Янг Чэньнин (Chen Ning Yang) *266*
«Янки из Коннектикута при дворе короля Артура» (М. Твен) *300*

Каку Митио

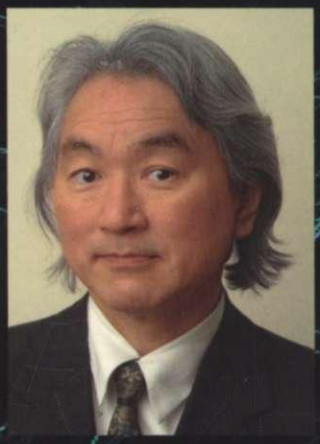
ФИЗИКА НЕВОЗМОЖНОГО

Руководитель проекта *И. Серёгина*
Технический редактор *Н. Лисицына*
Корректоры *О. Ильинская, Е. Чудинова*
Компьютерная верстка *О. Морозова, Е. Сенцова*
Автор фото на обложке *Andrea Brizzi*

Подписано в печать 20.11.2008. Формат 60×90 $^{1}/_{16}$
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Объем 28,5 печ. л. Тираж 5000 экз. Заказ № 8011

Альпина нон-фикшн
123007, Москва а/я 105
Тел. (495) 980-5354
www.nonfiction.ru

Отпечатано с готовых файлов заказчика в ОАО «ИПК «Ульяновский Дом печати». 432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14



Митио Каку

Всего сто лет назад ученые в один голос заявили бы, что лазеры, телевидение и атомная бомба выходят за рамки физической реальности. Известный физик Митио Каку исследует кажущиеся сегодня неправдоподобными технологии, явления или приборы с точки зрения возможности их воплощения в будущем. Используя язык и образы научной фантастики — от телепортации до телекинеза — Каку ярко и увлекательно разъясняет подходы (и пределы) современной физики и предсказывает степень вероятности и время появления той или иной «невозможности»: в ближайшем веке, тысячелетии, а может быть, никогда.

интернет-магазин
OZON.ru
20140274

альпина нон-фикшн
телефон: (495) 980-5354
www.nonfiction.ru

ISBN 978-5-91671-024-3
9 785916 710243

Элементы
elementy.ru

Династия